

## **Postup řešení: Koordinace návrhu nosné konstrukce a architektonického návrhu pro vícepodlažní budovy s ocelovou konstrukcí**

*Jsou shrnuty informace pro účinné rozhodování v počátečních stádiích návrhu hlavní nosné konstrukce vícepodlažních budov.*

### **Obsah**

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Rozmístění stropních nosníků                      | 2  |
| 2.  | Vliv na výšku budovy                              | 3  |
| 3.  | Horizontální koordinace                           | 4  |
| 4.  | Vertikální koordinace: Světla výška podlaží       | 6  |
| 5.  | Vertikální koordinace: Oblast nosných konstrukcí  | 6  |
| 6.  | Vertikální koordinace: Oblast instalačních vedení | 7  |
| 7.  | Možnosti vodorovných nosných konstrukcí           | 7  |
| 8.  | Rozpony nosného systému                           | 11 |
| 9.  | Výhody velkorozponových konstrukcí                | 11 |
| 10. | Odhadovaná spotřeba oceli                         | 12 |

## 1. Rozmístění stropních nosníků

Rozmístění stropních nosníků je definuje rozmístění sloupů v pravouhlých směrech a je ovlivněno:

- Modulovou osnovou projektu (běžně je založena na násobcích 300mm, typicky 1,2 nebo 1,5m).
- Rozmístěním sloupů podél fasády v závislosti na materiálu fasády.
- Využitím vnitřního prostoru (například pro kanceláře nebo jiné otevřené prostory).
- Požadavky na rozvody sítí a instalací (z jádra budovy).

Podél linie fasády, je rozmístění sloupů běžně určeno potřebou poskytnout podporu obvodovému plášti (například maximálně 6m je obvykle požadováno pro zděné stěny). Toto ovlivňuje rozmístění sloupů směrem dovnitř dispozice, pokud nejsou použity přídatné sloupy, které zajišťují konstrukci fasády.

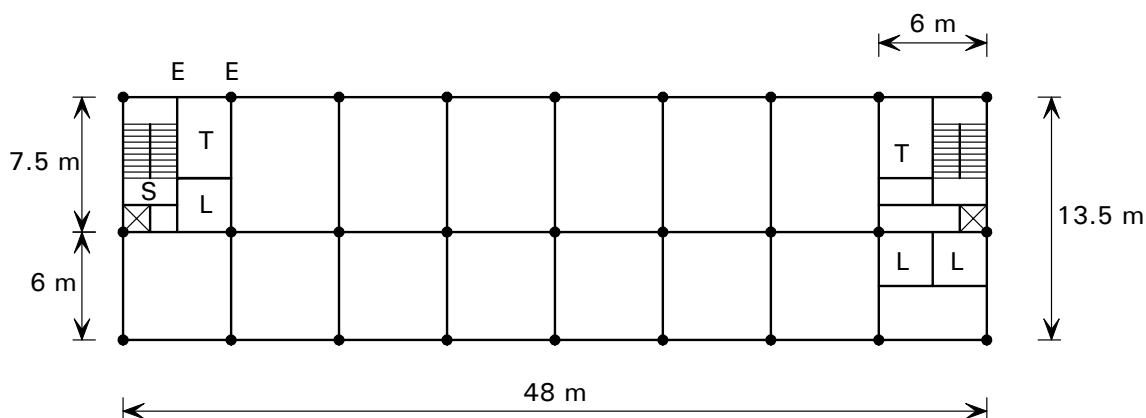
Rozpětí nosníků napříč budovou se běžně řídí jednou z následujících vzdáleností sloupů:

- Jednoduchá vnitřní linie sloupů, umístěných rovnoměrně ve středu linie koridoru.
- Páry řad sloupů na každé straně koridoru.

Pro přirozeně větrané kanceláře se používá běžná šířka budovy od 12m do 16m, což může být dosažené rozpory od 6 do 8m. Přirozené osvětlení rovněž hraje roli ve výběru hloubky budovy. Rozmístění vnitřních sloupů v jedné vyrovnané řadě je viděn na Obr. 1.1

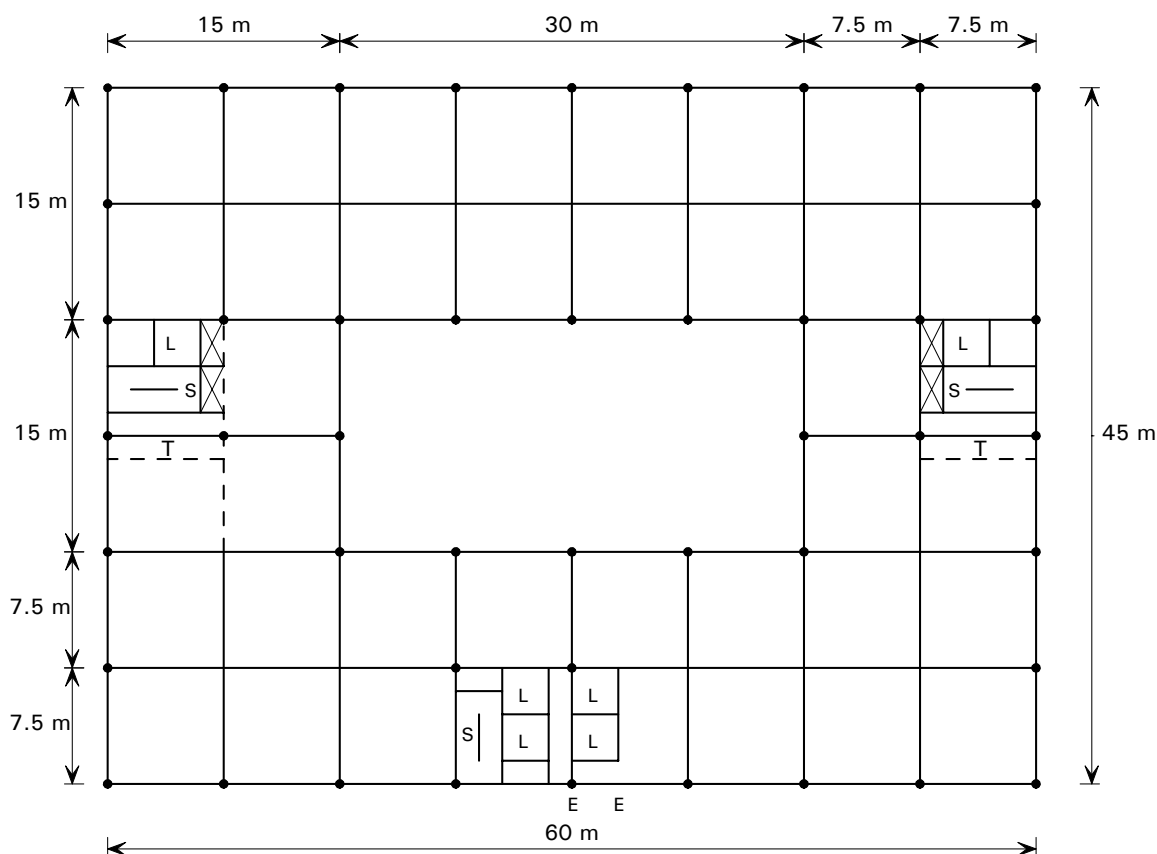
Alternativně je možné navrhnout velké rozpory pro podstatné zlepšení půdorysné flexibility.

Pro klimatizované kanceláře se používá rozpětí od 15 do 18m ačkoliv pro hluboké půdorysy kancelářských prostor může být použit rozměr pole 9 × 9 m. Příklad rozmístění sloupů pro variantu s budovy s velkými rozpory je zobrazena na Obr. 1.2.



Legenda: L – Výtah; S – Schodiště; T - Toalety

**Obr. 1.1** Rozmístění sloupů v půdorysu pro přirozeně větrané kanceláře



Legenda: L – Výtah; S – Schodiště; T - Toalety

**Obr. 1.2** Rozmístění sloupů v půdorysu pro klimatizované prestižní kancelářské prostory

## 2. Vliv na výšku budovy

Na výšku budovy má značný vliv:

- Zvolený nosný systém.
- Založení.
- Protipožární požadavky a způsoby úniku.
- Přístup (výtahy) a komunikace.
- Systém obkladů.
- Rychlost výstavby a produktivita na stavbě.

Nosný systém je primárně ovlivněn způsobem zajištění stability budovy. Pro budovy do výšky 8 podlaží je preferováno svislé zavětrování ale pro vyšší budovy jsou obvykle vloženy betonová nebo ocelová vyztužená jádra. Pro velmi vysoké budovy se používá hodně ztužujících systémů. Toto je ale mimo rozsah této publikace.

Velikost výtahů a jejich rychlost pohybu se může stát rovněž důležitým aspektem pro vysoké budovy. V závislosti na požárně-bezpečnostních předpisech každé jednotlivé země může být požadováno použití sprinklerů u budov vyšších než 8 podlaží.

### 3. Horizontální koordinace

Horizontální koordinace je ovlivněná potřebami definovaných zón pro vertikální komunikace, bezpečné evakuace a vertikálních rozvodech instalací. Z toho plyne umístění ztužujících jader, které jsou používány pro stabilizaci budovy a přenos vodorovných sil do základů, všude tam kde je to praktické. Poloha jader je ovlivněná:

- Horizontálními rozvody pro instalace.
- Požadavky požární bezpečnosti, které mohou vést ke zkrácení evakuačních cest a redukovat velikost požárních úseků.
- Potřebou rozmístit v půdorysu nosnou ztužující a stabilizující konstrukci pokud možno symetricky.

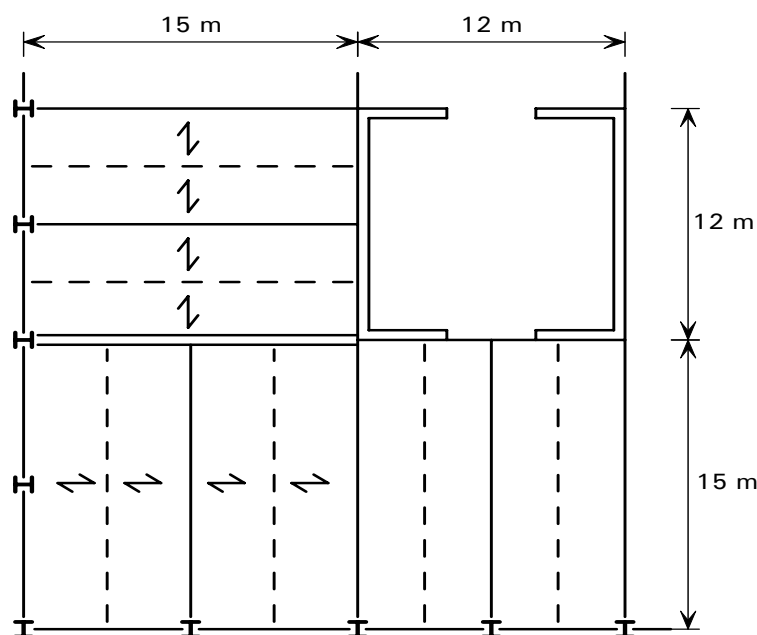
Obr. 1.1 a 1.2 zobrazují typické rozmístění jader jež vyhoví těmto kritériím.

Celková stabilita může být zajištěna pomocí *svislého ztužení* nebo pomocí betonových či ztužených ocelových jader pro vyšší budovy.

U budov s betonovým jádrem jsou nosníky často pnuté přímo mezi sloupy po obvodu budovy a betonové jádro. Zvláštní konstrukční požadavky jsou vyžadovány pro:

- Přípoje nosníků na betonové jádro.
- Návrh větších primárních nosníků v rozích jader.
- Požárně bezpečnostní robustnost nosné konstrukce větších rozponů.

Typické rozložení nosníků kolem betonového jádra je na Obr. 3.1 a je zde ukázáno použití únosnějších profilů v rozích budovy. Může být vyžadováno použití zdvojených profilů pro minimalizaci konstrukční výšky v rozích.



Obr. 3.1 Rozložení nosníků kolem betonového jádra

Do projektu může být začleněno atrium pro zvýšení přirozeného osvětlení obestavěného prostoru a také dosáhneme cenných ploch komunikací v přízemí a mezipatrech. Návrhové požadavky na atria jsou:

- Podporují velkorozponové konstrukce střech nad atriem.
- Přístupové cesty pro dispozice.
- Požárně bezpečnostní opatření pomocí odtahů kouře a bezpečné únikové cesty.
- Osvětlení a obslužení vnitřních kanceláří.

Příklad nosné konstrukce atria využívající zakřivených tvarů ocelové nosné trubkové konstrukce je na Obr. 3.2.



**Obr. 3.2**      *Trubkové ocelové podpory pro konstrukci střechy nad atriem*

## 4. Vertikální koordinace: Světlá výška podlaží

Cílová světlá výška je založena na konstrukční výšce (od 2,5 do 2,7m pro kanceláře na pronájem nebo 3,0 a více pro prestižní objekty plus tloušťka konstrukce včetně rozvodů a instalací). Následující světlé výšky by měly být uvažovány v počátečním stavu návrhu:

Prestižní kanceláře 3,8 – 4,2 m

Kanceláře na pronájem 3,5 – 4,0 m

Projekty renovací 3,5 – 3,9 m

Tyto plány dovolují využít řadu konstrukčních řešení. Jestliže je požadováno z hlediska projektu omezit celkovou výšku budovy, můžeme toho dosáhnout použitím integrovaných stropních konstrukcí nebo konstrukcemi typu „slim floor“. Konstrukční řešení typu „slim floor“ je často používáno v případě rekonstrukcí a renovací, kde čistá výška podlaží je limitována potřebou včlenění těchto konstrukcí do stávající budovy se stávající fasádou.

## 5. Vertikální koordinace: Oblast nosných konstrukcí

Pro účely koncepčních návrhů a pro stanovení tloušťky stropní konstrukce mohou být použity následující poměry rozponů k výšce (pro ocelové konstrukce):

Spřažené kompozitní nosníky Poměr rozpon/výška  $\leq 25$

Nosníky s kruhovými otvory Poměr rozpon/výška  $\leq 25$

Svařované primární nosníky (průvlaky) Poměr rozpon/výška  $\leq 20$

Konstrukce „slim floor“ nebo integrované nosníky Poměr rozpon/výška  $\leq 25$

Tloušťka stropní desky by měla být přidána pro určení celkové tloušťky stropní konstrukce (vyjma v případě konstrukcí „slim floor“ kde deska a nosník jsou ve stejné výšce). Což znamená pro spřažený kompozitní nosník o rozponu 12m je tl. konstrukce 480 mm plus stropní deska tl. mezi 120 až 150 mm, což dává přibližně 600 mm. Tloušťka požárně ochranných konstrukcí a přídavek na průhyby (běžně 30 mm) by měly být rovněž zahrnuty.

## 6. Vertikální koordinace: Oblast instalačních vedení

Jestliže jsou nosné konstrukce a oblasti instalačních vedení vertikálně odděleny, následující hodnoty by měly být přidány k výšce konstrukce:

|                           |               |
|---------------------------|---------------|
| Instalační lávky          | 150 až 200 mm |
| Vzduchotechnické jednotky | 400 až 500 mm |
| Podhledy a osvětlení      | 120 až 250 mm |

Avšak významné snížení celkové výšky může být dosaženo vertikální integrací konstrukčních a instalačních zón. To je zejména vhodné u konstrukcí větších rozponů.

Pro koncepční návrh můžeme použít následující „výsledné“ tloušťky stropní konstrukce:

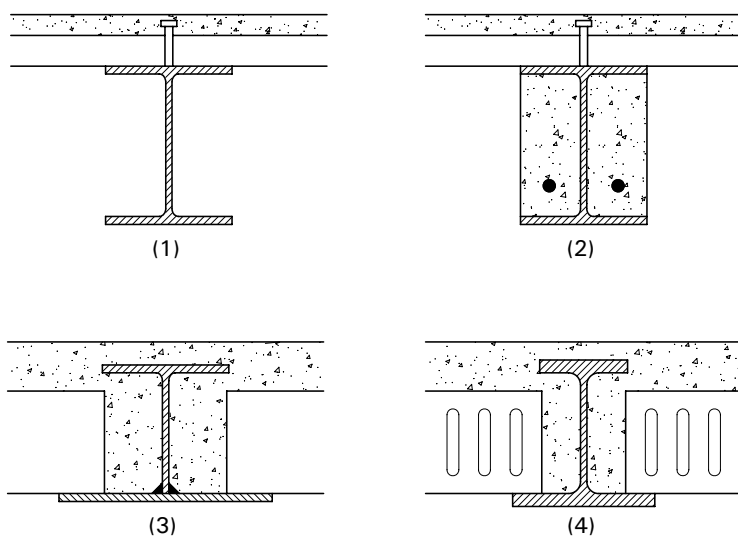
|  |               |
|--|---------------|
| Kompozitní nosníky                                       | 800 – 1200 mm |
| Nosníky s kruhovými otvory (s integrovanými instalacemi) | 800 – 1100 mm |
| Stropy typu „slim floor“ nebo integrované nosníky        | 800 – 1000 mm |

## 7. Možnosti vodorovných nosných konstrukcí

Konstrukční možnosti pro jednotlivé typy nosníků, které jsou nejvíce vhodné jsou:

|   |                      |
|---|----------------------|
| Kompozitní nosníky se spřaženými deskami                                | Rozpony od 6 do 13 m |
| Nespřažené nosníky (s prefabrikovanými panely)                          | Rozpony od 6 do 9 m  |
| Částečně obetonované kompozitní nosníky                                 | Rozpony od 6 do 12 m |
| Nosníky s kruhovými otvory nebo svařované nosníky (se spřaženou deskou) | Rozpony od 8 do 18 m |
| Stropy typu „slim floor“ nebo integrované nosníky                       | Rozpony od 5 do 9 m  |

Tyto konstrukční možnosti jsou zobrazeny v principech na Obr. 7.1



Legenda:

1. Kompozitní spřažený nosník
2. Částečně obetonovaný nosník
3. Integrovaný nosník
4. Nosník typu „slim floor“

**Obr. 7.1** *Typy konstrukcí používané na stropní konstrukce*

Spřažené nosníky podporují kompozitní stropní desky, které se pnou mezi nosníky s rozponem odpovídajícím jejich vzdálenostem. Pro návrh pravoúhlého systému rozmístění nosníků se uvažují dvě základní metody:

- Sekundární nosníky na větší rozpory, podporované kratšími primárními nosníky (viz Obr. 7.2).

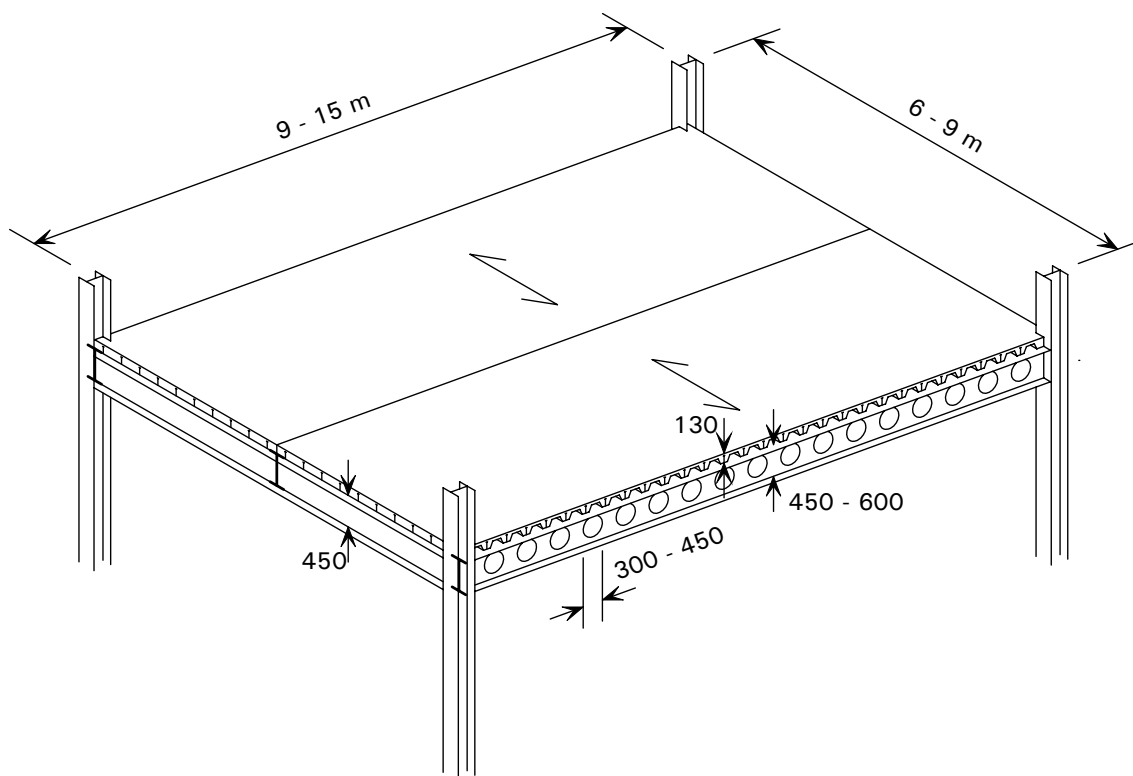
V tomto případě mohou být výšky nosníků navrženy tak, že jsou v obou případech přibližně stejně vysoké.

- Primární nosníky na větší rozpory jež podporují kratšími sekundární nosníky (viz Obr. 7.3).

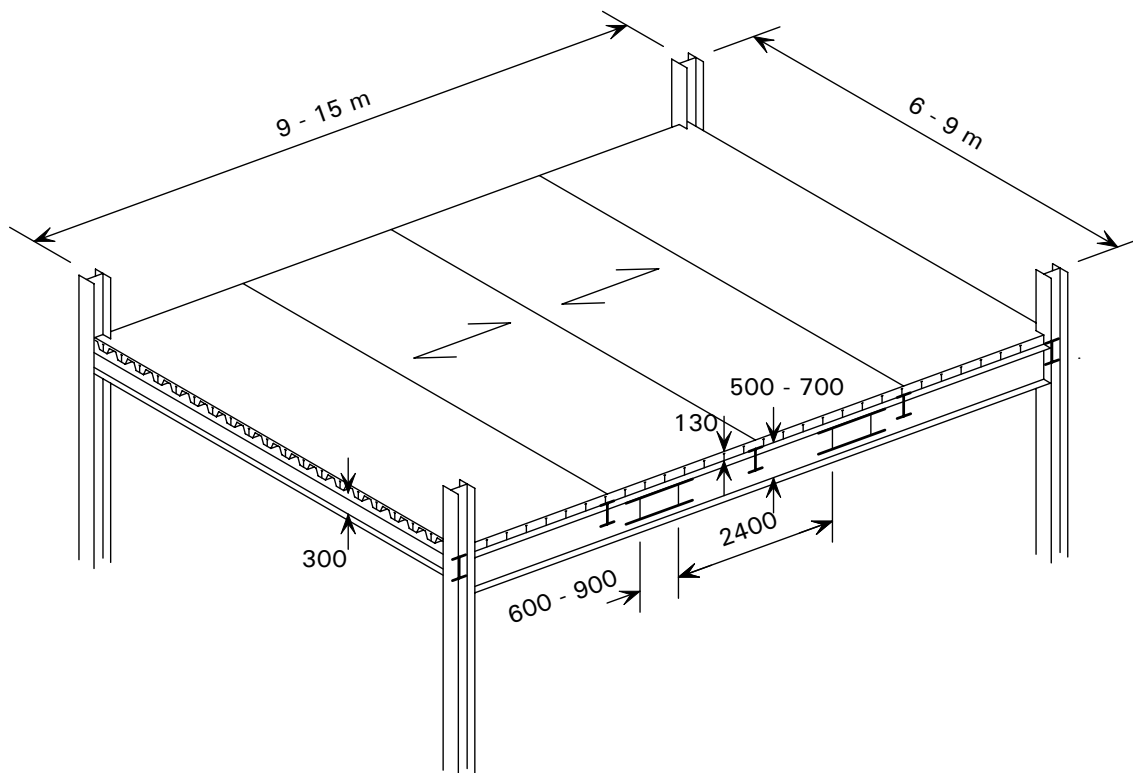
V tomto případě primární nosníky jsou relativně vysoké.

Jestliže používáme systém se sekundárními nosníky na větší rozpětí, jsou pro tyto konstrukce velmi vhodné nosníky s kruhovými otvory zatímco svařované nosníky jsou více vhodné pro primární nosníky na větší rozpon, kde jsou již také značné posouvající síly. Je také možné eliminovat použití sekundárních nosníků použitím spřažených nosníků na větší rozpětí, které se přímo napojují na sloupy.



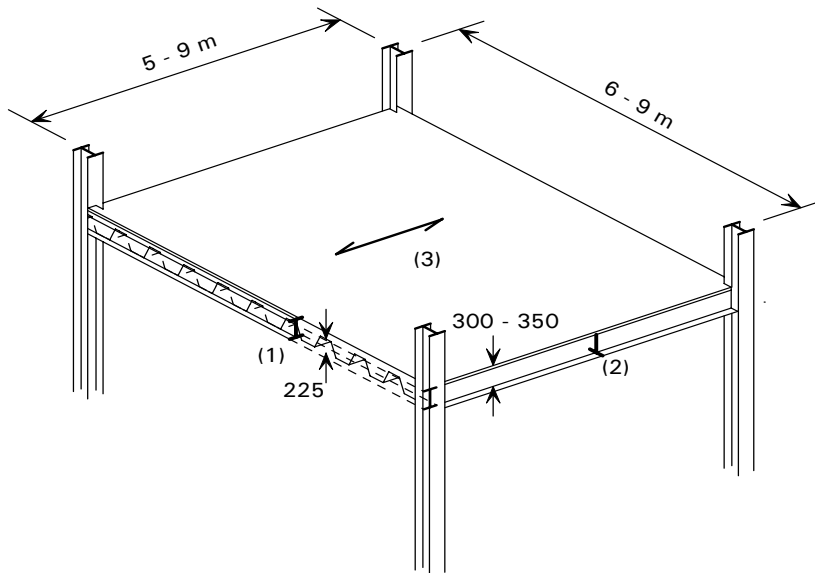


**Obr. 7.2** *Typický případ sekundárních nosníků na delší rozpětí (rozpony stropů jsou uvedeny)*



**Obr. 7.3** *Typický případ primárních nosníků na delší rozpětí a kratších sekundárních nosníků (rozpony stropů jsou uvedeny)*

Integrované nosníky jsou speciálním případem u kterého je nosník přímo pnutý mezi sloupy a sekundární nosníky jsou vynechány. Tyto nosníky jsou obecně používány u čtvercových polí, jak je zobrazeno na Obr. 7.4. Stropní deska je podporována spodní pásnicí nebo přetaženým spodním plechem nosníku a může být ve formě stropní desky na vysokém trapézovém plechu nebo ve formě dutinového betonového panelu.



Legenda:

1. Integrovaný nosník
2. Táhlo ve druhém směru
3. Vysoká kompozitní deska nebo dutinový betonový panel

**Obr. 7.4** *Integrovaný nosník nebo konstrukce typu „slim floor“ (rozpon desky stropu je uveden)*

## 8. Rozpony nosného systému

Rozpony pro různé konstrukčních uspořádání nosných prvků, jak pro ocelové tak betonové, jsou uvedeny na Obr. 8.1 Ocelové prvky na velké rozpony jsou obvykle voleny v případech, kdy integrujeme rozvody a instalace a dosahují rozponů přes 12m. Nosníky s kruhovými otvory a spřažené příhradové vazníky jsou velice vhodné pro sekundární konstrukci na větší rozpětí, zatímco svařované nosníky jsou více vhodné pro primární nosníky.

|   | Rozpětí (m) |   |    |    |    |    |
|---|-------------|---|----|----|----|----|
|   | 6           | 8 | 10 | 13 | 16 | 20 |
| Vyztužená betonová deska                                    | ■           |   |    |    |    |    |
| Nosníky typu "slim floor" a vysoká kompozitní stropní deska | ■           |   |    |    |    |    |
| Integrovaný nosník s prefabrikovanými panely                | ■           | ■ |    |    |    |    |
| Vyztužené bet. nosníky a desky                              |             | ■ | ■  |    |    |    |
| Předeprnutá betonová deska                                  |             |   | ■  | ■  |    |    |
| Spřažený nosník s deskou                                    |             | ■ | ■  | ■  |    |    |
| Svařovaný nosník s otvory                                   |             |   | ■  | ■  | ■  |    |
| Spřažený nosník s kruhovými otvory                          |             |   | ■  | ■  | ■  | ■  |
| Spřažené příhradové nosníky                                 |             |   |    |    | ■  | ■  |

Obr. 8.1 Rozsahy rozponů pro různé konstrukčních uspořádání nosných prvků

## 9. Výhody velkorozponových konstrukcí

Nosníky velkých rozponů dosáhly popularity, neboť nabízejí následující výhody:

- Vnitřní sloupy jsou eliminovány, což vede k více otevřenému a využitelnému prostoru.
- Instalace a rozvody mohou být integrovány uvnitř tloušťky stropní konstrukce a tak světlá výška není ovlivněna.
- Je požadováno méně komponentů (typicky o 30% méně nosníků), což vede k redukované konstrukci a době montáže.
- Mohou být sníženy náklady na požární ochranu z důvodů masivních nosníků na větší rozpětí.
- Pro nosníky s kruhovými otvory jsou levnější vícenásobné kruhové rozvody než rozvody pravoúhlých průřezů.
- Cena ocelové konstrukce se výrazně nezvýší navzdory větším rozponům.
- Celkové náklady na stavbu se zvýší o zanedbatelnou hodnotu (méně než 1%).

## 10. Odhadovaná spotřeba oceli

Pro účely odhadu při návrhu kancelářských budov jsou uvedeny typické hmotnosti oceli, které mohou být použity pro budovy pravoúhlých tvarů půdorysu. Tyto množství se významně zvýší pro budovy s jiným než pravoúhlým půdorysem nebo u vysokých budov nebo u budov s atriem či složitými a komplikovanými tvary fasád.

Přibližné hodnoty jsou prezentovány níže a nezahrnují ocelovou konstrukci pro fasády, atria a střechy.

**Tab. 10.1** *Odhadované množství oceli pro účely předběžný propočtů ceny*

| Typ budovy   | Odhadované množství oceli (kg/m <sup>2</sup> na plochu podlaží) |        |         |        |
|--|---|--------|---------|--------|
|  | Nosníky   | Sloupy | Ztužení | Celkem |
| 3 nebo 4 podlažní budova pravoúhlého půdorysu      | 25–30   | 8–10   | 2–3     | 35–40  |
| 6–8 podlažní budova pravoúhlého půdorysu           | 25–30   | 12–15  | 3–5     | 40–50  |
| 8–10 podlažní budova s velkými rozpony             | 35–40   | 12–15  | 3–5     | 50–60  |
| 20-ti podlažní budova s betonovým jádrem           | 40–50   | 10–13  | 1–2     | 55–65  |
| 20-ti podlažní budova s vyztuženým ocelovým jádrem | 40–50   | 20–25  | 8–10    | 70–85  |

## Quality Record

|  |  |                |             |
|--|--|----------------|-------------|
| <b>RESOURCE TITLE</b>  | Scheme Development: Coordination of structural and architectural design for multi-storey buildings with steel frames |                |             |
| <b>Reference(s)</b>  |  |                |             |
| <b>ORIGINAL DOCUMENT</b>   |  |                |             |
|  | <b>Name</b>  | <b>Company</b> | <b>Date</b> |
| <b>Created by</b>  | R.M. Lawson  | SCI            | Jan 05      |
| <b>Technical content checked by</b>                                | G.W. Owens   | SCI            | May 05      |
| <b>Editorial content checked by</b>                                | D.C. Iles  | SCI            | May 05      |
| <b>Technical content endorsed by the following STEEL Partners:</b> |  |                |             |
| <b>1. UK</b>   | G.W. Owens   | SCI            | 26/5/05     |
| <b>2. France</b>   | A. Bureau  | CTICM          | 26/5/05     |
| <b>3. Sweden</b>   | A. Olsson  | SBI            | 26/5/05     |
| <b>4. Germany</b>  | C. Mueller   | RWTH           | 11/5/05     |
| <b>5. Spain</b>  | J. Chica   | Labein         | 20/5/05     |
| <b>6. Luxembourg</b>   | M. Haller  | PARE           | 26/5/05     |
| <b>Resource approved by Technical Coordinator</b>                  | G.W. Owens   | SCI            | 22/5/06     |
| <b>TRANSLATED DOCUMENT</b>   |  |                |             |
| <b>This Translation made and checked by:</b> K. Mikeš              |  | CTU in Prague  | 31/7/07     |
| <b>Translated resource approved by:</b>                            | J. Macháček  | CTU in Prague  | 31/7/07     |
| <b>National technical contact:</b>                                 | F. Wald  | CTU in Prague  |             |