

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra silničních staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Letištní vozovky

Vypracoval: Roman Kočí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: Ing. Petr Pánek, Ph.D.

Praha 2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kočí Jméno: Roman Osobní číslo: 462009
Zadávací katedra: K136 - Katedra silničních staveb
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Letištní vozovky

Název bakalářské práce anglicky: Airport pavements

Pokyny pro vypracování:

Shrňte v úvodu práce obecně problematiku letištních vozovek včetně jejich historického vývoje, určete typy současných letištních vozovek a jejich výhody a nevýhody, zmiňte vývoj systémů únosnosti letištních vozovek, zdokumentujte současně používané skladby konstrukce vozovek na letištích, navrhnete tuhou a netuhou variantu konstrukce vozovky zpevněné letištní plochy na základě konkrétních vstupních údajů.

Seznam doporučené literatury:

Kaun M.: Letiště (Navrhování), ČVUT, Praha 1996

Ministerstvo dopravy a spojů ČR: Předpis Letiště L-14, Praha,

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Petr Pánek, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 21.2.2019 Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

25 -02- 2019

Datum převzetí zadání

Abstrakt

Cílem této práce bylo popsání rozdělení letištních ploch, určit typy konstrukce letištních vozovek, dále zmínit vývoj systémů únosnosti a zdokumentovat současně používané skladby konstrukce vozovek na libovolně vybraných letištích. V další části pak návrh netuhé a tuhé varianty konstrukce vozovky zpevněné letištní plochy.

Klíčová slova

Letiště, runway, L14, asfaltová vozovka, cementobetonová vozovka, LAYMED - TP170

Abstract

The aim of the bachelor thesis is to introduce types of airfield areas, constructions of airfield roads, development of dynamic load capacity systems and to document current structure of airfield surfaces at random airports. The other part of the document includes design of non-rigid and rigid variant of airfield hard surface construction.

Keywords

Airport, runway, L14, asphalt pavement, cement-concrete pavement, LAYMED – TP170

Poděkování:

Rád bych tímto poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Petru Pánkovi, Ph.D. za odborné a přátelské vedení, cenné rady a připomínky po celou dobu zpracování mé práce.

A především mé rodině a blízkým, kteří mě nejen při vypracování této bakalářské práce, ale i po celou dobu studia výrazně podporovali.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s odborným vedením Ing. Petra Pánka, Ph.D. Veškeré informace, které jsem použil k vypracování, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 26.5.2019

.....

Roman Kočí

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	11
1 ÚVOD.....	13
2 LETECKÉ ORGANIZACE	14
2.1 Mezinárodní letecké organizace	14
2.2 České letecké úřady a organizace	17
2.3 Normy a předpisy.....	19
3 ÚDAJE O LETIŠTI	21
3.1 Vyhlášené délky	21
3.2 Kódové značení	25
4 HISTORICKÝ VÝVOJ LETIŠTNÍCH VOZOVEK.....	27
4.1 Letiště ve světě	27
4.2 Letiště v České republice	29
5 ROZDĚLENÍ LETIŠTNÍCH PLOCH	33
5.1 Runway (RWY) – Vzletová a přistávací dráha (VPD).....	33
5.1.1 Rozdělení RWY	34
5.1.2 Počet a směry RWY s ohledem na meteorologické podmínky.....	34
5.1.3 Počet RWY s ohledem na požadovanou kapacitu letiště.....	35
5.1.4 Skutečná délka RWY	37
5.1.5 Šířka RWY.....	37
5.1.6 Minimální vzdálenosti mezi paralelními RWY	38
5.1.7 Únosnost RWY	39
5.1.8 Sklony RWY	39
5.1.9 Povrch RWY	41
5.2 Postranní pásy RWY (Runway shoulders).....	41
5.2.1 Délka postranních pásů RWY.....	42
5.2.2 Šířka postranních pásů RWY	42
5.2.3 Sklony postranních pásů RWY.....	42
5.2.4 Únosnost postranních pásů RWY	42
5.2.5 Povrch postranních pásů RWY	42

5.3	Pásky RWY (Runway strips)	43
5.3.1	Délka pásu RWY	43
5.3.2	Šířka pásu RWY.....	43
5.3.3	Sklony na pásech RWY	44
5.3.4	Únosnost pásů RWY	45
5.4	Dojezdová dráha (Stopway – SWY).....	46
5.4.1	Šířka dojezdových drah.....	47
5.4.2	Sklony pojezdových drah	47
5.4.3	Únosnost dojezdových drah	47
5.4.4	Povrch dojezdových drah	47
5.5	Předpolí (Clearway – CWY)	48
5.5.1	Délka předpolí	48
5.5.2	Šířka předpolí	48
5.5.3	Sklony předpolí	48
5.5.4	Objekty umístěné na předpolí	49
5.5.5	Únosnost předpolí.....	49
5.6	Koncové bezpečnostní plochy (RESA).....	50
5.6.1	Délka bezpečnostní plochy.....	50
5.6.2	Šířka bezpečnostní plochy	50
5.6.3	Objekty na koncových bezpečnostních plochách.....	50
5.6.4	Sklony bezpečnostních ploch.....	51
5.6.5	Únosnost koncových bezpečnostních ploch.....	51
5.7	Pojezdové dráhy (Taxiways – TWY).....	51
5.7.1	Etapy vývoje pojezdových drah.....	52
5.7.2	Pojezdové dráhy na odbavovací ploše	53
5.7.3	Šířka pojezdových drah.....	54
5.7.4	Oblouky pojezdových drah	55
5.7.5	Minimální vzdálenost pojezdových drah.....	56
5.7.6	Sklony pojezdových drah	56
5.7.7	Únosnost pojezdových drah	58
5.7.8	Povrch pojezdových drah	58
5.7.9	Pojezdové dráhy pro rychlé odbočení	58

5.7.10	Postranní pásy pojezdových drah	60
5.7.11	Pásy pojezdové dráhy.....	60
5.8	Odbavovací plochy (Aprons).....	61
5.8.1	Stání letadel	61
5.8.2	Polohy stání letadel	62
5.8.3	Uspořádání odbavovacích ploch	63
5.8.4	Vzdálenosti stání letadel	66
5.8.5	Únosnost odbavovacích ploch	67
5.8.6	Sklony odbavovacích ploch	67
5.9	Vyčkávací plochy (Holding Bays).....	67
5.9.1	Příklady tvarů vyčkávacích ploch	68
5.9.2	Vzdálenost mezi vyčkávací plochou a osou RWY.....	68
5.9.3	Vzdálenost mezi křídly dvou letadel	69
5.10	Plochy pro odmrazování a protinámrazové ošetření.....	70
5.10.1	Umístění zařízení	70
5.10.2	Velikost a počet ploch	71
5.10.3	Sklony ploch.....	71
5.10.4	Únosnost ploch.....	71
5.10.5	Vzdálenost na ploše.....	72
6	KONSTRUKCE LETIŠTNÍCH VOZOVEK	73
6.1	Travnaté vozovky	73
6.2	Asfaltové vozovky (netuhé).....	74
6.3	Cementobetonové vozovky (tuhé).....	74
6.4	Výhody/nevýhody asfaltové a cementobetonové vozovky.....	75
7	ÚNOSNOST LETIŠTNÍCH VOZOVEK	76
7.1	Zatěžování vozovek.....	76
7.2	Systém ESIWL (Ekvivalent Single Isolated Wheel Load).....	78
7.3	Systém LCN (Load Classification Number).....	78
7.4	Systém ACN/PCN	79
8	SKLADBA KONSTRUKCE VOZOVEK NA LETIŠTÍCH	84
8.1	Letiště Václava Havla Praha – Praha/Ruzyně.....	84
8.1.1	Skladba konstrukce vozovky – vzorový příčný řez RWY 06/24.....	85

8.1.2	Skladba konstrukce vozovky – vzorový příčný řez TWY E	86
8.2	Letiště Karlovy Vary	87
8.2.1	Skladba konstrukce vozovky – vzorový příčný řez RWY 11/29.....	88
8.3	Letiště Sliač.....	89
8.3.1	Skladba konstrukce vozovky – vzorový příčný řez RWY 18/36.....	90
8.4	Letiště České Budějovice	91
8.4.1	Skladba konstrukce vozovky – vzorový příčný řez TWY B.....	92
8.4.2	Spárořez TWY B	93
8.5	Letiště Praha - Kbely	94
8.5.1	Skladba konstrukce vozovky – vzorový příčný řez RWY 06/24.....	95
8.5.2	Skladba konstrukce vozovky – vzorový příčný řez TWY A.....	96
9	NÁVRH VOZOVKY	97
9.1	Návrh netuhé (asfaltové) vozovky.....	97
9.2	Návrh a posouzení tuhé (cementobetonové) vozovky	101
10	ZÁVĚR.....	105
11	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	106
12	SEZNAM TABULEK	109
13	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	110
13.1	Internetové zdroje	111
14	SEZNAM PŘÍLOH	113

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ACN	Aircraft Classification Number / Klasifikační číslo letounu
ASDA	Accelerate – Stop Distance Available / Použitelná délka přerušovaného vzletu
CBR	California Bearing Ratio / Kalifornský poměr únosnosti
CWY	Clearway / Předpolí
ESIWL	Equivalent Single Isolated Wheel Load / Ekvivalentní jednokolové zatížení
IATA	International Air Transport Association / Mezinárodní asociace leteckých dopravců
ICAO	International Civil Aviation Organization / Mezinárodní organizace pro civilní letectví
ILS	Instrument Landing Systém / Systém pro přesné přiblížení na přistání
IFR	Instrument flight rules / Pravidla pro let podle přístrojů
LCN	Load Classification Number / Klasifikační číslo zatížení
LDA	Landing Distance Available / Použitelná délka pro přistání
LIS	Letecká informační služba
L14	Anex č. 14 z ICAO v českém překladu
MLS	Microwave Landing Systém / Systém pro přesné přiblížení na přistání
PCN	Pavement Classification Number / Klasifikační číslo vozovky
RESA	Runway and safety area / Koncové a bezpečnostní plochy
RWY	Runway / Vzletová a přistávací dráha
ŘLP	Řízení letového provozu
SWY	Stopway / Dojezdová dráha
TODA	Take – off Distance Available / Použitelná délka vzletu
TORA	Také – off Run Available / Použitelná délka rozjezdu

TWY	Taxiway / Pojezdová dráha
ÚCL	Úřad pro civilní letectví
VFR	Visual flight rules / Pravidla pro let za viditelnosti
WMO	World Meteorological Organization / Světová meteorologická organizace

1 ÚVOD

Bakalářská práce seznamuje čtenáře s letištními vozovkami. Důvodem výběru práce byla motivace proniknout více do tohoto odvětví, které mě zajímá. Téma je svým obsahem rozsáhlé a vzhledem k zadanému rozsahu práce není možné podat všechny detailní informace.

Práce je rozdělena na dvě části. Teoretická část je složena z důležitých světových i českých leteckých organizací, údajích o letištích jako jsou vyhlášené délky nebo kódové značení a z historického vývoje letištních vozovek, jak ve světě, tak v České republice. Mezi hlavní kapitoly práce patří letištní plochy a jejich rozdělení, konstrukce letištních vozovek a jejich vývoj systémů únosnosti.

Praktická část se zaměřuje na skladbu konstrukce vozovek na dvou mezinárodních letištích v České republice - letiště Václava Havla v Praze, letiště Karlovy Vary a další tři letiště – letiště České Budějovice, letiště Sliač (Slovenská republika) a letiště Praha - Kbely. Práce obsahuje přílohy pro tyto mezinárodní letiště a vojenské letiště Praha – Kbely. Závěrem praktické části je zpracován návrh/posouzení netuhé a tuhé letištní vozovky tak, aby i neznalý čtenář mohl čerpat z těchto informací a pochopil princip rozdílu mezi jednotlivými návrhy.

2 LETECKÉ ORGANIZACE

2.1 Mezinárodní letecké organizace

Je potřeba zmínit, že je mnoho mezinárodních leteckých organizací. Uvedl jsem jen některé, které mi přišli nejdůležitější.

Mezinárodní organizace pro civilní letectví ICAO (International Civil Aviation Organisation)

Vznikla Chicagskou úmluvou 7. prosince 1944, kde tuto úmluvu podepsalo 52 členských států, mezi kterými bylo i Československo. [14]

Je též mezivládní organizací přidruženou k OSN. Sídlem této organizace je kanadský Montreal. [10]

Chicagská úmluva se skládá ze čtyř částí:

- I. část - Létání
- II. část - Mezinárodní organizace pro civilní letectví
- III. část - Mezinárodní letecká doprava
- IV. část - Závěrečná ustanovení [1]

Od počátku, se k této organizaci váže 19 příloh, tzv. annexů označovaných „L“. Tyto annexy jsou pro členské státy závazné, a které jednotlivé státy používají jako normy, tzv. Letecký zákon (pro ČR – Letecký předpis L1-L19). Jakákoliv vnitrostátní odchylka od těchto annexů se musí oznamovat. [14]



Obr. 2.1.1 Oficiální logo ICAO [10]

Mezinárodní asociace leteckých dopravců IATA (International Air Transport Association)

Vznikla 19. dubna 1945 v Havaně na Kubě. Zakladateli bylo 57 společností z 31 zemí světa, mezi kterými bylo i ČSA. IATA je nevládní mezinárodní organizace, která sdružuje letecké společnosti a dopravce. [15]

V současné době má IATA 290 společností z celého světa. Tyto společnosti zajišťují okolo 83 % pravidelné mezinárodní letecké přepravy. Sídli stejně jako ICAO v Montrealu. [11]

Hlavní cíle IATA:

- zajišťovat pravidelnou a hospodárnou leteckou společnost
- studovat problémy letecké dopravy
- zajišťovat spolupráci mezi leteckými společnostmi
- spolupráce s ICAO [1]



Obr. 2.1.2 Oficiální logo IATA [11]

Světová meteorologická organizace WMO (World Meteorological Organization)

Oficiálně vznikla 11. října 1947. Je složena z 32 členských států. Jedním ze zakladatelů bylo i Československo. [17]

V dnešní době se jedná o mezivládní organizaci se 187 členskými státy. Od roku 1950 se WMO stává zvláštním odborem OSN pro meteorologii. Sídlí v Ženevě ve Švýcarsku. [16]

Hlavní cíle WMO:

- usnadňovat celosvětovou spolupráci při výstavbě sítí stanic pro meteorologická pozorování
- podporovat provoz meteorologických center pověřených zajišťovat meteorologické služby
- podporovat rozvoj a provoz systémů pro rychlost s informacemi o počasí
- napomáhat rozvoji aplikací v letecké, námořní a zemědělské meteorologii
- zlepšovat mezinárodní výzkum v meteorologii [16]



Obr. 2.1.3 Oficiální logo WMO [16]

2.2 České letecké úřady a organizace

Ministerstvo dopravy ČR

Státní orgán, který má na starost správu civilního letectví a podílí se na jeho rozvoji. Do jeho pravomoci spadají podřízené organizace, jako jsou:

- Úřad pro civilní letectví
- Řízení letové provozu ČR, s. p.
- Česká správa letišť, s. p. (dříve), Správa letiště Praha, s. p. (dnes)
- Letecká informační služba [18]



Obr. 2.2.1 Oficiální logo Ministerstva dopravy ČR [18]

Úřad pro civilní letectví

- orgán státního odborného dozoru
- evidence českého leteckého rejstříku
- přiděluje českým civilním letadlům poznávací značku
- uděluje certifikaci letadlům způsobilým k létání
- schvaluje způsobilost radionavigačních zařízení
- uděluje licenci pilotům a jiným pracovníkům
- může se podílet na vyšetřování leteckých nehod [12]



Obr. 2.2.2 Oficiální logo Úřadu pro civilní letectví [12]

Řízení letového provozu ČR, s. p.

- řídí a koordinuje letecký provoz nad územím České republiky a to jak civilní, tak vojenský
- vybírá poplatky za proletěnou vzdálenost nebo podle vzletové hmotnosti letadla

- dříve organizace spravující letiště:
 - Praha Ruzyně
 - Brno Tuřany
 - Ostrava Mošnov
 - Karlovy Vary

- dnes samostatné podniky:
 - Letiště Praha, a.s.
 - Letiště Brno, a.s.
 - Letiště Ostrava, a.s.
 - Letiště Karlovy Vary, s.r.o.
- Letiště Pardubice (vojenské/civilní) – civilní provozovatelem EAST BOHEMIA AIRPORT a.s. [13]



Obr. 2.2.3 Oficiální logo Řízení letového provozu ČR [13]

Správa letiště Praha, s. p.

- dříve Česká správa letišť, s. p.
- snaha o vybavenost letišť, aby byla reprezentace českého civilního letectví na co nejvyšší úrovni [19]

Letecká informační služba (LIS)

- organizační složkou Řízení letového provozu ČR, s. p.
- zajišťuje tok informací pro bezpečnost, pravidelnost a hospodárnost mezinárodního a vnitrostátního letového provozu
- odpovědnost za shromažďování a rozšiřování informací z celého území České republiky a vzdušného prostoru nad tímto územím

Letecké publikace:

- letecké informace jsou poskytovány ve formě integrovaného souboru leteckých informací, jako jsou např.:
 - Letecké informační příručky (AIP)
 - Letecké oběžníky (AIC) a další
- LIS vydává vnitrostátní publikace řady L, JAR které nejsou součástí integrovaného souboru leteckých informací [20]

2.3 Normy a předpisy

Problematiku týkající se letecké dopravy a letectví řeší zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání. [2]

Zákon č. 147/1997 Sb., úmluva o mezinárodním civilním letectví, jak již bylo zmíněno v kapitole 2.1, obsahuje letecké předpisy řady L1 až L19. [14]

Zejména pak předpis L14, který obsahuje ustanovení upravující požadované vlastnosti a překážkové plochy letišť, vybavení a popis technických služeb, které jsou na letišti obvykle zajišťovány. Na druhou stranu předpis L14 neobsahuje ustanovení týkající se plánování letišť (jako vzdálenosti sousedních letišť nebo kapacita jednotlivých letišť), dopad na životní prostředí nebo ekonomických činitelů, které je potřeba zvážit při rozvoji letiště. [2]

Předpis č.	Název předpisu
L 1	Způsobilost leteckého personálu civilního letectví
L 2	Pravidla létání
L 3	Meteorologická služba v civilním letectví
L 4	Letecké mapy
L 5	Používání měřících jednotek v letovém a pozemním provozu
L 6	Provoz letadel
L 7	Poznávací značky letadel
L 8	Letová způsobilost letadel
L 8/A	Letová způsobilost letadel - postupy
L 9	Zjednodušení formalit
L 10	Letecká telekomunikační služba v civilním letectví
L 11	Letové provozní služby
L 12	Pátrání a záchrana v civilním letectví
L 13	Odborné zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů
L 14	Letiště
L 14 H	Letiště pro vrtulníky
L 15	Letecká informační služba
L 16	Ochrana životního prostředí - letecký hluk, emise letadlových motorů
L 17	Bezpečnost mezinárodního civilního letectví - Ochrana před protiprávními činy
L 18	Bezpečná přeprava nebezpečného zboží vzduchem
L 19	Řízení bezpečnosti
L 4444	Postupy pro letové navigační služby
L 7030	Regionální doplňkové postupy, EUR/RAC
L 8168	Provoz letadel
L 8400	Zkratky a kódy
L Frazologie	Radiotelefonní postupy a letecká frazeologie a terminologie pro poskytování letových provozních služeb a provádění letů

Tab. 2.3.1 Letecké předpisy řady L [20]

3 ÚDAJE O LETIŠTI

3.1 Vyhlášené délky

TORA (*Délka rozjezdu – Take-off run available*)

Délka rozjezdu se určí jako:

- vzdálenost od začátku rozjezdu k bodu, který leží za bodem V_{LOF} , v poloviční vzdálenosti délky stoupání do výšky 10,7 m (35 ft). Bod V_{LOF} je bod, ve kterém dosáhne rychlosti odtržení s jedním nepracujícím motorem
- rovnost 115% vzdálenosti od začátku rozjezdu k bodu, ve kterém se dosáhne rychlosti V_{LOF} se všemi motory v chodu [8]

Pro každou vzletovou a přistávací dráhu a pro každý její směr musí být vyhlášena použitelná *délka rozjezdu TORA* a uvažuje se vždy větší z obou uvedených možností. [8]

TODA (*Délka vzletu – Take-off distance available*)

Délka vzletu je rovna:

- vodorovné vzdálenosti potřebné pro vzlet s jedním nepracujícím motorem do výšky 10,7 m (35 ft) nad koncem předpolí
- 115% vodorovné vzdálenosti potřebné pro vzlet se všemi motory v chodu opět do výšky 10,7 m (35 ft) nad koncem předpolí

Pro každý směr vzletové a přistávací dráhy musí být vyhlášena použitelná *délka vzletu TODA*. [8]

Po dosažení rychlosti odtržení letadlo přejde do počátečního stoupání, a dokud nedosáhne určité rezervy výšky nad úrovní vzletu, požaduje se, aby terén pod ním byl bez překážek. Plocha za koncem VPD (RWY) ve směru vzletu, nad kterou lze provádět část počátečního stoupání do stanovené výšky, se nazývá *předpolí*. [8]

ASDA (Délka přerušovaného letu – Accelerate-stop distance available)

Délka potřebná ke zrychlení letadla se všemi motory v chodu do bodu, v němž se předpokládá selhání pohonné jednotky. To může nastat v rychlosti rozhodnutí V_1 . Pilot vzlet přeruší a letadlo zastavuje. [8]

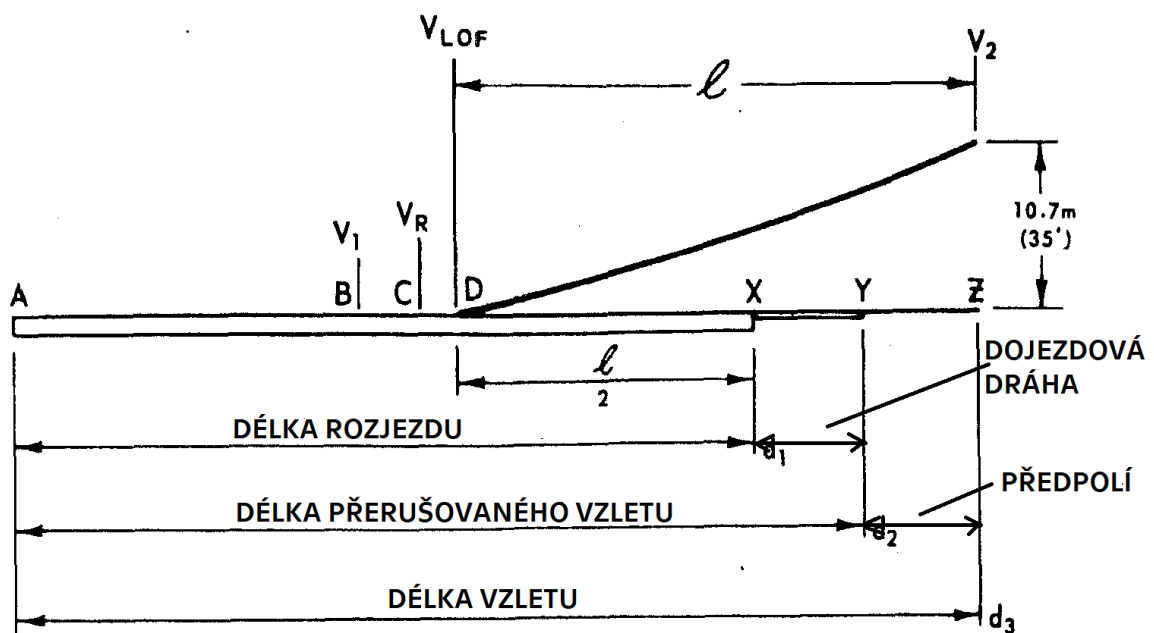
Pro každý směr vzletové a přistávací dráhy musí být definována použitelná délka přerušovaného vzletu **ASDA**. [8]

Poznámka:

V_{LOF} = rychlost odtržení, je rychlost umožňující odpoutání letadla od země

1 ft (stopa) = 0,305 m

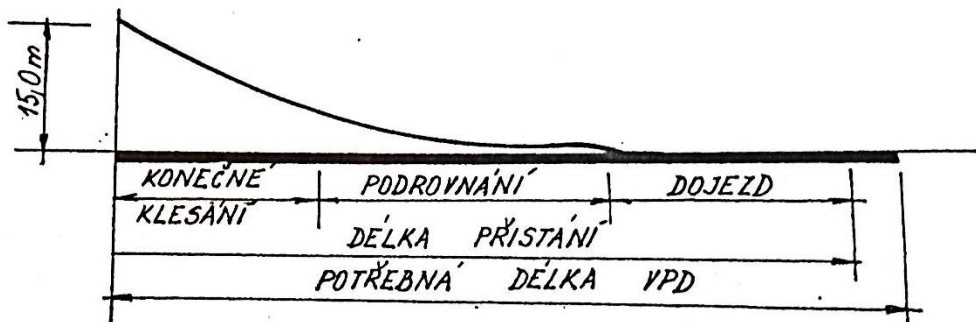
V_1 = rychlost rozhodnutí (kritická rychlost), je definována pro každý vzlet. Vysadí-li motor při nižší rychlosti než je rychlost V_1 , musí letadlo vzlet přerušit, pokud má letadlo rychlost vyšší než V_1 , musí vzlet dokončit. [7]



Obr. 3.1.1 Vzletové délky [3]

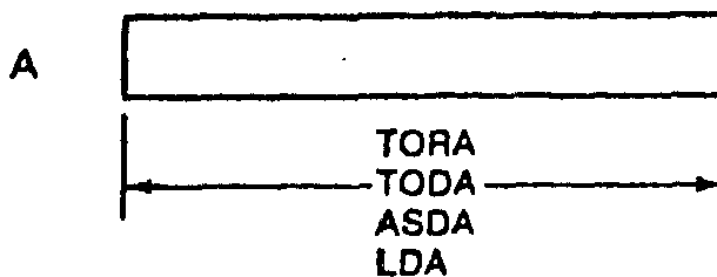
LDA (Délka přistání – Landing distance available)

Definována jako vzdálenost od místa, v němž má letadlo nad úrovní dráhy výšku 15,0 m, do místa, v němž se letadlo zastaví. Letadlo má ve výšce 15,0 m předepsanou rychlost. [8]

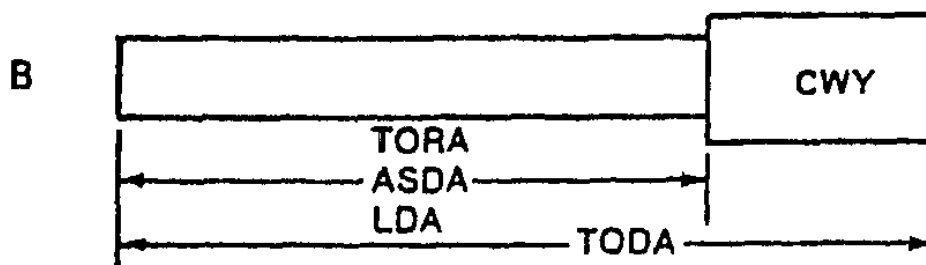


Obr. 3.1.2 Přistávací délky [1]

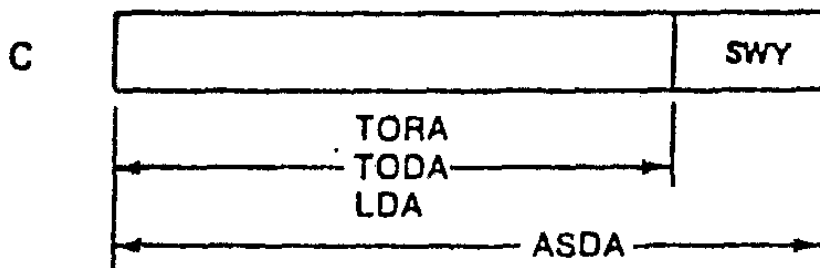
Příklady vyhlášených délek:



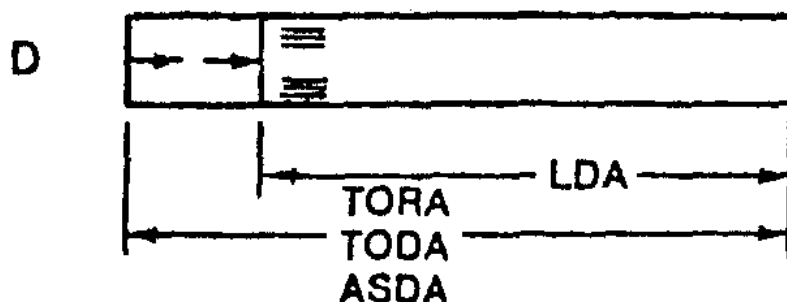
Obr. 3.1.3 *Není-li RWY opatřena dojezdovou dráhou ani předpolím, a pokud se práh nachází na začátku RWY, pak se obvykle všechny čtyři vzdálenosti rovnají délce RWY [3]*



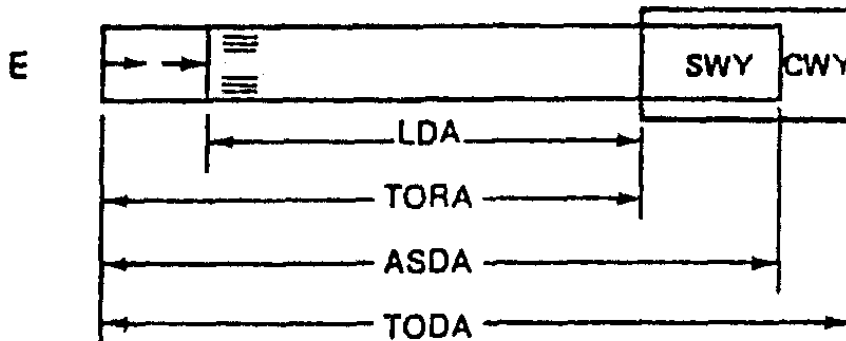
Obr. 3.1.4 *Je-li RWY opatřena předpolím, pak TODA zahrnuje délku předpolí [3]*



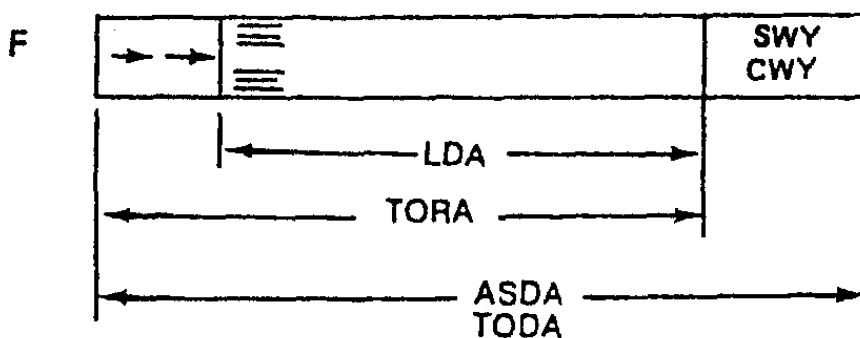
Obr. 3.1.5 Má-li RWY dojezdovou dráhu, pak ASDA zahrnuje délku dojezdové dráhy [3]



Obr. 3.1.6 Má-li RWY posunutý práh, pak LDA bude zkrácena o délku posunutí prahu. Zbylé tři vyhlášené délky budou v tomto případě nedotčeny [3]



Obr. 3.1.7 Má-li RWY předpolí, dojezdovou dráhu i posunutý práh, jsou ovlivněny všechny vyhlášené délky [3]



3.2 Kódové značení

Účelem kódového značení je zavést jednoduchou metodu pro vzájemné vztahy velkého množství ustanovení týkajících se vlastností a vybavení letišť, aby vyhovovala letadlům, pro jejichž provoz jsou určena. [2]

Kódové značení je dáno dvěma prvky, které závisí na charakteristikách letadel a rozměrech letadla:

Kódový prvek 1 – provozní prvek, závisí na jmenovité délce dráhy vzletu 1 – 4

Kódový prvek 2 – geometrický prvek, závisí na rozměrech letadla A – G [2]

Kódový prvek 1		Kódový prvek 2		
Kódový číslo	Jmenovitá délka dráhy letu	Kódové písmeno	Rozpětí křídla	Vnější rozchod kol hlavního podvozku ¹⁾
1	Méně než 800 m	A	Méně než 15 m	Méně než 4,5 m
2	Od 800 m včetně, méně než 1200 m	B	Od 15 m včetně, méně než 24 m	Od 4,5 m včetně, méně než 6 m
3	Od 1200 m včetně, méně než 1800 m	C	Od 24 m včetně, méně než 36 m	Od 6 m včetně, méně než 9 m
4	1800 m a více	D	Od 36 m včetně, méně než 52 m	Od 9 m včetně, méně než 14 m
		E	Od 52 m včetně, méně než 65 m	Od 9 m včetně, méně než 14 m
		F	Od 65 m včetně, méně než 80 m	Od 14 m včetně, méně než 16 m
		G	Od 80 m	Od 16 m

¹⁾ Vzdálenost mezi vnějšími okraji kol hlavního podvozku

Tab. 3.2.1 Kódové značení letišť [2]

Provozní charakteristiky letadel:

- délka vzletu a přistání
- rychlost přiblížení na přistání
- rychlost nadzvednutí
- úhel sklonu trajektorie přiblížení na přistání
- úhel sklonu trajektorie vzletu
- rychlost pojíždění
- poloměr otáčení
- hmotnost
- rychlost proudu výtokových plynů z motoru

Geometrické rozměry letadel:

- rozpětí křídla
- vzdálenost motorů od hlavního podvozku
- vzdálenost mezi vnějšími koly hlavního podvozku
- vzdálenost mezi hlavním a nosovým podvozkem
- vzdálenost kabiny pilota od nosového podvozku
- výška letadla
- celková délka letadla
- výška kabiny pilota [6]

4 HISTORICKÝ VÝVOJ LETIŠTNÍCH VOZOVEK

4.1 Letiště ve světě

V období zavádění civilní letecké dopravy byla pro vzlet a přistání dostačující louka nebo pole bez jakéhokoli zpevnění. Lehká letadla, která ke vzletu i přistání potřebovala krátkou dráhu, využívala letištní plochy ve všech směrech, neboť se vzletávalo a přistávalo proti větru. Letiště se navrhovala ve tvaru kruhu.

Travnaté plochy bez odvodňovacích zařízení trpěly povětrnostními vlivy, především prudkými dešti. Voda se zdržovala na povrchu, letiště mnohdy vypadalo jako jedno velké jezero. Civilní letecká doprava se rozvíjela, a proto bylo potřeba upravit letištní terén tak, aby jeho povrch umožňoval pohyby letadel za každého počasí. Tam, kde nebylo přirozené odvodnění dané sklonem terénu nebo vhodným geologickým podložím půdy, pomohly zemědělské drenáže a později sloužili k odvedení vody z povrchu speciální letištní drenáže.

K posouzení, zda je travnatý povrch vhodný pro přistání a vzlet letadel, sloužil osobní nebo nákladní automobil. Jestliže jízda osobním automobilem rychlostí 30 až 35 km/h nebyla pro cestující nepohodlná, anebo nebořil se nákladní automobil o hmotnosti 3000 kg do rozmoklého terénu, upravená travnatá plocha byla označena jako za způsobilou k provozu letadel.

Postupně, s nasazením letadel o vyšší hmotnosti vybavených podvozkovým systémem s brzdami, přestával travnatý povrch vyhovovat. Dochází k úpravám až do podoby zpevněné vzletové a přistávací drah. První pokusy se zpevněnými VPD proběhly před druhou světovou válkou na letišti v Saint Louise. Výsledky zkušebního provozu na několika drahách byly příznivé. Oproti VPD s travnatým povrchem umožňovaly VPD letadlům rozjezd asi o třetinu kratší, i přistání bylo tudíž bezpečnější. Šířka zpevněných VPD se pohybovala v rozmezí 30 až 150m. VPD s živičným povrchem mělo letiště Pittsburgh a probíhal na ní současně provoz v obou směrech. První z evropských letišť disponovalo zpevněnými VPD letiště Bromma u Stockholmu, kde byl provoz zahájen v roce 1936. VPD o šířce 40 m a délkách od 870 do 1160m s makadamovým podkladem měly živičný nátěr, konstrukce vozovky odbavovací plochy byla ze železobetonových desek. Rok předtím začali se zpevněním VPD na letišti Helsinky – Tattarisuo. Po zavedení drenáží a srovnání terénu byl na celou plochu zaválcován písek a zemina. V další fázi byl na štěrkové VPD proveden asfaltový nátěr ale jen na koncích, takže ostatní nezpevněný povrch byl velmi prašný. Tento problém se projevil při uvedení vzletové a přistávací dráhy do provozu v roce 1938.

Souběžně s vývojem letadlové techniky se vyvíjeli i konstrukce VPD

včetně podkladních vrstev. Ve čtyřicátých letech se začaly postupně stabilizovat zeminy. Spočívalo to v tom, že se ke vhodné zemině, nacházející se na staveništi, přidalo pojivo – nejčastěji cement. Navlhčená a řádně promísená směs se urovnala a ztuhlila. Vyrůstající objem letecké dopravy si postupně vynucuje budovat letiště, která jsou schopna odbavit za rok i několik desítek miliónů cestujících. Začínají se budovat letiště, kde bude umožněn provoz na dvou VPD, např. letiště ve Frankfurtu, kde vzdálenost os dvou rovnoběžných drah je 518 m a rozměry severní VPD jsou 3900 m x 60 m, jižní VPD jsou 3750 m x 45 + 2 x 7,5 m. Letiště bylo uvedeno do provozu v roce 1972 a později byla vybudována ještě třetí dráha, která křížuje jejich směr.

Z hlediska počtu vzletových a přistávacích drah je jedním z největších letišť letiště Dallas – Fort Worth v Texasu, které má 6 vzletových a přistávacích drah a v konečné etapě výstavby má být počet VPD celkem 9. Nejdelší VPD je na základně Edwards v Kalifornii. Celková délka je 11 000 m a z toho 4577 m s betonovým krytem. [1]

4.2 Letiště v České republice

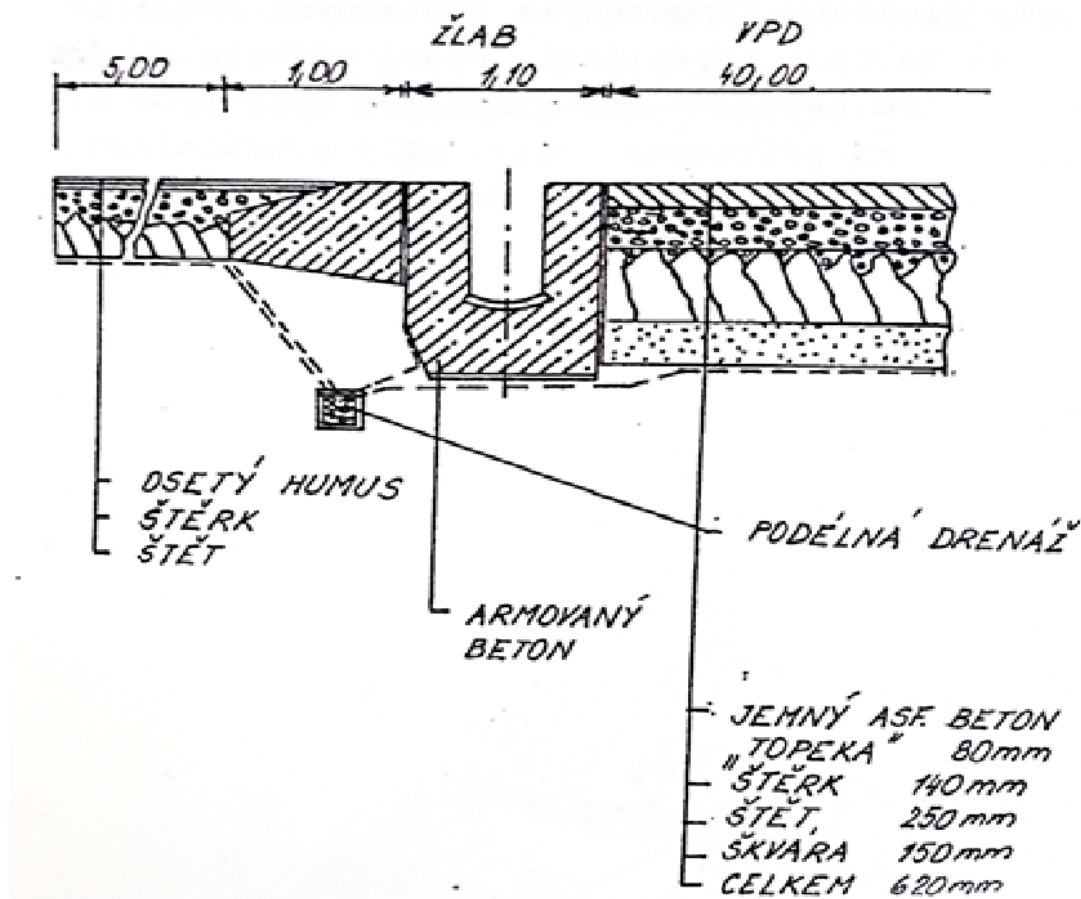
Výstavba letišť v Československu úzce souvisela se zahájením civilního leteckého provozu. Základnou se stalo kbelské letiště, vybudované po první světové válce pro vojenská letadla, od roku 1920 dlouhá léta jako vojenské, sportovní i dopravní.

Orientace československého státu na Francii přineslo výhodu v tom, že již v roce 1920 byla uzavřena smlouva mezi Československem a Francií o pravidelné letecké dopravě na trati Paříž – Štrasburk – Praha. Československo se řadí mezi státy s nejstarší leteckou dopravou.

Československá letecká společnost, s názvem Československé státní aerolinie, vstoupila do historie letecké civilní dopravy až v roce 1923, zahájením pravidelných linek Praha – Bratislava 29. října.

Se vzrůstajícím počtem pohybů přestalo již dříve zmiňované kbelské letiště vyhovovat, a tak se zahájil výběr lokalit pro nové civilní letiště v Praze. Byla vyhlédnuta lokalita Ruzyně, kterou vláda schválila v roce 1929. Provoz na letišti Praha – Ruzyně byl zahájen 5. dubna 1937. Vzdušná vzdálenost letiště od města byla 10 km, mělo tvar lichoběžníku přiléhajícího šikmou východní stranou k silnici. Vlastní přistávací plocha měla tvar nepravidelného pětiúhelníku o ploše 73 ha a její povrch byl travnatý – jílovitý podklad s vrstvou humusu.

Postupné nasazování letadel o vyšší hmotnosti, ukazovalo, že travnaté povrchy letišť přestávají těmto letadlům vyhovovat. Na letišti Praha – Ruzyně se trend budování zpevnění VPD (dále RWY) uplatnil již v prvním roce provozu letiště, v červenci 1937 se začal budovat dráhový systém. Při návrhu konstrukce se uvažovalo huštění pneumatiky 0,25 MPa a zatížení 1 kN na jedokolový podvozek. Pláň vozovky se odvodňovala škvárovými trativody. Na podložní vrstvu tloušťky 150 mm ze škváry byla položena 250 mm tlustá vrstva šterku a na ní pak 140 mm silná vrstva zakaleného šterku. Kryt byl tvořen jemnozrnným asfaltovým betonem tloušťky 80 mm. Konstrukce sloužila až do nasazení tryskových letadel, neboť vyšší zatížení na podvozek spolu s vyšším huštěním pneumatik (0,8 MPa) a projevováním se namrzavosti podkladu docházelo k destrukcím této konstrukce.



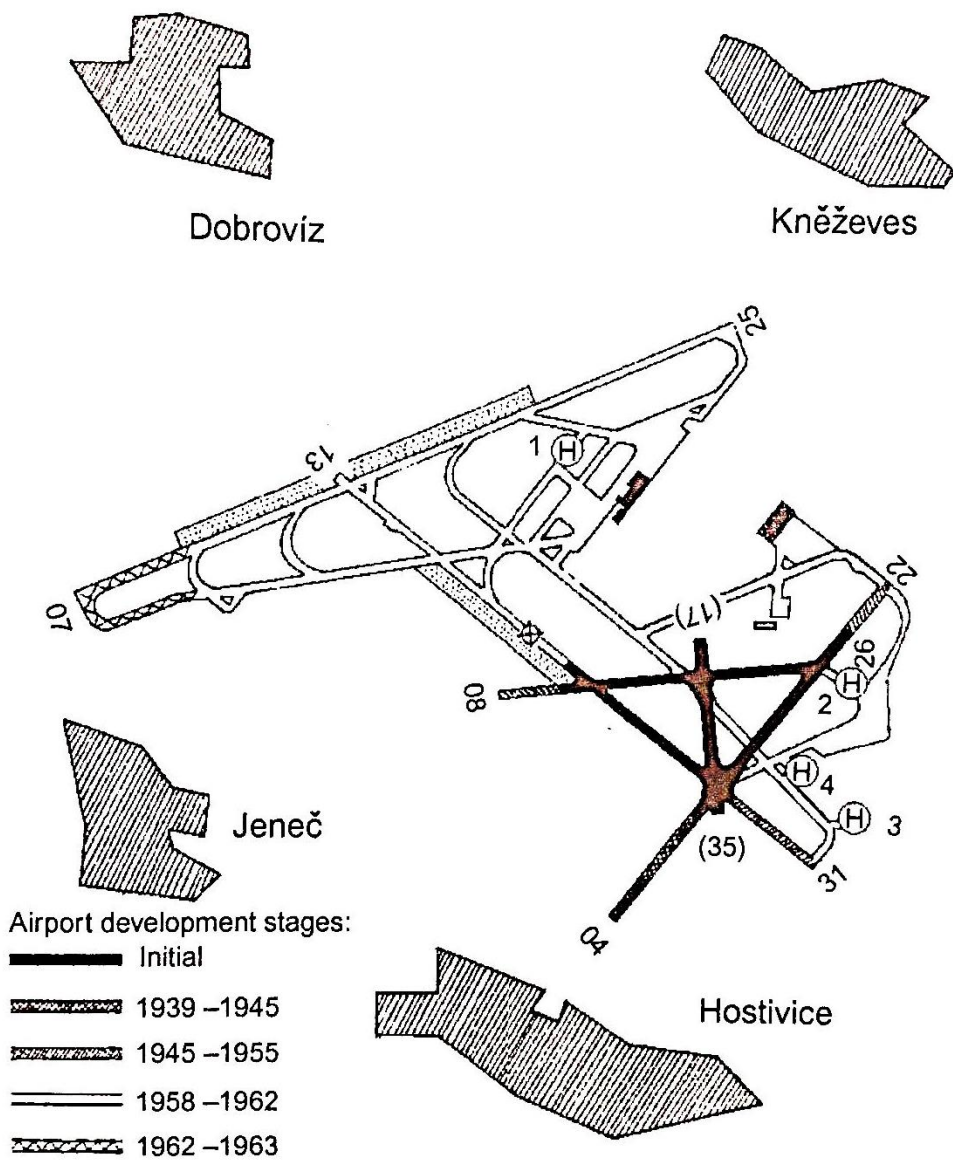
Obr. 4.2.1 Praha – Ruzyně konstrukce RWY 04-22 z roku 1938 [1]

Se změnou skladby konstrukčních vrstev se pokračovalo i po roce 1939. Kryt byl vytvořen deskou z prostého cementového betonu a jako podkladní vrstvy se použily vrstvy šterku nebo šterkopísku. Celková tloušťka konstrukce dosahovala 300 mm. V roce 1945 byly hotovy RWY 04-22 v délce 1800 m, RWY 13-31 v délce 1020 m, RWY 08-26 v délce 1320 m a RWY 17-35 v délce 950 m. Celková plocha letiště byla rozšířena na 305 ha.

S nástupem nové letecké techniky, zejména tryskových letadel, bylo potřeba vybudovat kromě stávajících RWY 13-31, 04-22 a 08-26 novou RWY ve směru 07-25 (od 1. 4. 1992 je tato dráha označována jako 06-24). Tento směr umožňuje vybudovat dráhu dlouhou až 4000 m. Druhou dráhou této nové koncepce se stala původní RWY 13-31 s maximální délkou dráhy 3700 m. RWY 17-35 a 8-26 byly následně opuštěny.

Výstavba dráhy 07-25 byla zahájena v dubnu 1960. Pod příčnými spárami cementobetonové desky, byly provedeny zpevněné prahy. Pro návrh a posouzení konstrukce vozovky se vycházelo z celkové hmotnosti letadla 330 000 kg a ekvivalentního zatížení od čtyřkolového podvozku 450 kN. Huštění pneumatik se uvažovalo 1,2 MPa. Stavební práce skončily v roce 1962.

RWY 13-31 byla v roce 1948 prodloužena na 1620 m, v roce 1958 pak na 2600 m a následně v roce 1962 na konečnou délku 3250 m. RWY 13-31 byla při druhé etapě rozšířena z původních 40 m na 45 m. [1]



Obr. 4.2.2 Vývoj dráhového systému Praha – Ruzyně [6]

V květnu 2012 byla zahájena generální oprava hlavní RWY 06-24, která sloužila od roku 1963. Rekonstrukce probíhala v několika etapách a byla dokončena v roce 2014. [19]

Je vhodné zmínit další letiště, například letiště v Brně, na kterém byl zahájen civilní provoz v roce 1926. Letiště bylo pouze travnaté a nacházelo se v katastru obce Černovice. Provoz na tomto letišti byl ještě po roce 1945, neboť s výstavbou nového letiště v Tuřanech se začalo až v roce 1950. Od roku 1989 se letiště Brno řadí k letišťům s mezinárodním leteckým provozem, jeho RWY 10-28 má cementobetonový povrch s rozměry 2650 x 60 m. [1]

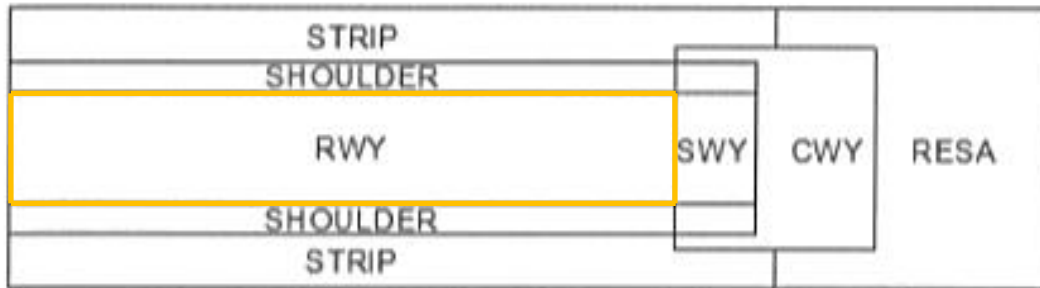
Na letišti v Karlových Varech byl zahájen provoz v roce 1931, opět nejdříve s nezpevněnými plochami. Výstavba zpevněné RWY 11-29 o rozměrech 2010 x 30 m začala v roce 1952. Od roku 1989 má letiště statut mezinárodního letiště. [1]

Letiště Hrabůvka jako první spojované s Ostravou, na kterém byl zahájen provoz již od roku 1935. V roce 1959 byl zahájen provoz na novém letišti Ostrava – Mošnov. Toto letiště bylo využíváno pro civilní i vojenské lety. V současné době je letiště s cementobetonovým povrchem zařazeno mezi mezinárodní letiště s RWY 04-22 o rozměrech 3500 x 63 m. [1]

5 ROZDĚLENÍ LETIŠTNÍCH PLOCH

5.1 Runway (RWY) – Vzletová a přistávací dráha (VPD)

Runway je vymezená obdélníková plocha na letišti určená pro vzlety a přistání letadel. [1]



Obr. 5.1.1 Schéma RWY [7]



Obr. 5.1.2 RWY Letiště Václava Havla Praha [19]

5.1.1 Rozdělení RWY

Z hlediska vybavení se může jednat o:

Nepřístrojovou RWY – pouze pro lety podle pravidel letu za viditelnosti

Přístrojovou RWY – pro lety podle pravidel letu podle přístrojů:

- *RWY pro přístrojové přiblížení* – vybavená vizuálními prostředky a využívá radionavigačních prostředků nejnižší úrovně
- *RWY pro přesné přiblížení I. kategorie* – vybavena zařízením ILS/MLS a vizuálními prostředky, které umožňují operace až do výšky rozhodnutí 60 m a do dráhové vzdálenosti 800 m
- *RWY pro přesné přiblížení II. kategorie* – vybavena zařízením ILS/MLS a vizuálními prostředky, které umožňují operace až do výšky rozhodnutí 30 m a do dráhové dohlednosti 400 m
- *RWY pro přesné přiblížení III. kategorie* – vybavena zařízením ILS/MLS s krytím jeho navigačních signálů až k povrchu RWY a po celé délce a současně:
 - umožňuje přiblížení až do dráhové dohlednosti 200 m (bez udání výšky rozhodnutí) a používá vizuálních prostředků během konečné fáze přistání
 - umožňuje přiblížení až do dráhové dohlednosti 50 m (bez udání výšky rozhodnutí) a používá vizuálních prostředků pro pojíždění
 - umožňuje operace bez závislosti na vizuálních podmínkách pro přistání nebo pojíždění [1]

5.1.2 Počet a směry RWY s ohledem na meteorologické podmínky

Počet vzletových a přistávacích drah a jejich směry musí zajišťovat nejméně 95% provozní využitelnost letiště v roce v závislosti na typech letadel, pro jejichž provoz je letiště určeno a v závislosti na směru a síle větru.

Dráhový systém letiště lze využívat jen za přípustné složky bočního a čelního větru. Jednotlivé typy letadel jsou různě citlivé na velikosti bočního a čelního větru a to v závislosti na poloze těžiště letadla v podélné ose, hmotnosti letadla, konstrukci podvozku a na dalších činitelích. [1]

Při výpočtu provozní využitelnosti je třeba předpokládat, že za normálních okolností je znemožněno přistání nebo vzlet letadla, jestliže boční složka větru překročí rychlost:


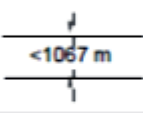
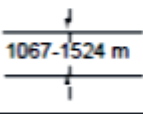
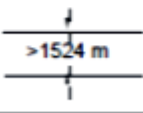






- 37 km/h v případě letadel jejichž jmenovitá délka dráhy vzletu je 1500 m nebo více, v případě špatných brzdných poměrů z důvodu nedostatečného koeficientu podélného tření nemá boční složka přesahovat 24 km/h
- 24 km/h v případě letadel jejichž jmenovitá délka dráhy vzletu je od 1200 m až do, ale ne včetně 1500 m
- 19 km/h v případě letadel jejichž jmenovitá délka dráhy vzletu je menší než 1200 m [2]

5.1.3 Počet RWY s ohledem na požadovanou kapacitu letiště

Pro návrh počtu RWY podle kapacity letiště je nutné znát roční objem cestujících, pošty a objem specializované nákladní letecké dopravy. Tyto údaje mohou být již vyjádřeny přímo předpokládaným počtem pohybů letadel, tedy počtem vzletů a přistání za rok.

Pro konkrétní návrh rozměrů letiště i návrh letištních vozovek je pak nutno stanovit typy letadel, které budou na daném letišti. Při stanovení počtu pohybů letadel se pak vychází z jejich kapacity a z předpokládané využitelnosti jejich kapacity, tedy obsaditelnosti jednotlivých letadel. Základem pro stanovení požadovaných údajů bývá tzv. kritické letadlo, což je letadlo, které má nejvyšší požadavky.

Dráhový systém letiště může být vytvořen jednou nebo více RWY. Vytváří-li dráhový systém dvě dráhy, pak mohou být tyto dvě dráhy buď rovnoběžné, anebo se mohou navzájem křížit v různých vzdálenostech. Při vyšším počtu drah se pak jedná o kombinaci níže uvedených případů. Dráhový systém přímo ovlivňuje kapacitu letiště. Z hodnot v Tab. 5.1.3.1 je patrné že kapacita dráhového systému je ovlivněna vzdáleností dvou rovnoběžných drah, místem, kde se dvě křížující dráhy protínají, anebo zda se jedná o provoz za podmínek dobré viditelnosti nebo provoz podle přístrojů.

USPOŘÁDÁNÍ RWY		SKLADBA LETADEL	ROČNÍ KAPACITA	PRAKTICKÁ HODINOVÁ KAPACITA	
schéma	popis			IFR	VFR
	jednoduchá RWY	1 2 3 4	215 000 195 000 180 000 170 000	53 52 44 42	99 76 54 45
	rovnoběžné RWY s malou odlehl. (IFR závislé)	1 2 3 4	385 000 330 000 295 000 280 000	64 63 55 54	198 152 108 90
	nezávislý provoz IFR	1 2 3 4	425 000 390 000 355 000 330 000	79 79 79 74	198 152 108 90
	nezávislý provoz IFR	1 2 3 4	430 000 390 000 360 000 340 000	106 104 88 84	198 152 108 90
	dvakrát dvě rovnoběžné dráhy	1 2 3 4	770 000 660 000 590 000 560 000	128 126 110 108	396 304 216 180
	otevřené V, závislý provoz, operace proti směru otevření	1 2 3 4	420 000 335 000 300 000 295 000	71 70 63 60	198 136 94 84
	otevřené V, závislý provoz, operace ze směru rozevření	1 2 3 4	235 000 220 000 215 000 200 000	57 56 50 50	108 86 66 53
	RWY křižující se poblíž prahů	1 2 3 4	375 000 310 000 275 000 255 000	71 70 63 60	175 125 83 69
	RWY křižující se v jejich středu	1 2 3 4	220 000 195 000 195 000 190 000	61 60 53 47	99 76 58 52
	RWY křižující se poblíž odletového prahu	1 2 3 4	220 000 195 000 180 000 175 000	55 54 46 42	99 76 54 57
Číselné označení skladby letadel odpovídá tomuto členění:					
Číslo	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	A - čtyř a vícemotorová proudová
1	0	0	10	90	B - dvou a třímotorová proudová,
2	0	30	30	40	čtyřmotorová pístová a turbovrtulová
3	20	40	20	20	C - dvoumotorová pístová dopravní
4	60	20	20	0	D - dvou a jednomotorová lehká pístová

Tab. 5.1.3.1 Orientační kapacita dráhových systému podle R. Horonjeffa (USA) [1]

5.1.4 Skutečná délka RWY

Hlavní RWY:

Skutečná délka hlavní RWY musí být taková, aby zajistila provozní požadavky letounů, pro které je určena a nesmí být menší než nejdelší délka stanovená s použitím oprav na místní podmínky provozu a výkonnostní charakteristiky příslušných letounů. Neznamená to však, že musí být nezbytně zajištěn provoz kritického letadla při jeho maximální hmotnosti. [4]

Vedlejší RWY:

Skutečná délka vedlejší RWY se stanovuje obdobně jako délka hlavní RWY s tím rozdílem, že její délka musí být dostačující pouze pro ty letouny, které vyžadují takové použití vedlejší RWY doplňkové k jiné RWY za účelem dosažení provozní využitelnosti alespoň 95%. [2]

Faktory ovlivňující délku RWY:

- výkonnostní charakteristiky a provozní objem jednotlivých letounů, pro které je dráha určena
- dráhové charakteristiky (sklon a stav povrchu)
- počasí (přízemní větry, teplota)
- umístění letiště (nadmořská výška) [3]

5.1.5 Šířka RWY

Faktory ovlivňující šířku RWY:

- odchylka letadla od osy při přistání
- viditelnost
- boční vítr
- stav povrchu dráhy (déšť, sníh)
- lidské faktory [3]

Kódové číslo	Kódové písmeno						
	A	B	C	D	E	F	G
1*)	18 m	18 m	23 m	-	-	-	-
2*)	23 m	23 m	30 m	-	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m	60 m
*) Šířka RWY pro přesné přiblížení by neměla být < 30 m pro kódové číslo 1 a 2.							

Tab. 5.1.5.1 Šířka RWY [2]

5.1.6 Minimální vzdálenosti mezi paralelními RWY

Pro paralelní nepřístrojové RWY určené pro současné použití musí být minimální vzdálenost mezi osami:

- 210 m, kde vyšší kódové číslo je 3 nebo 4
- 150 m, kde vyšší kódové číslo je 2
- 120 m, kde vyšší kódové číslo je 1

Pro paralelní přístrojové RWY určené pro současné použití musí být minimální vzdálenost mezi osami:

- 1 035 m pro nezávislé paralelní přiblížení
- 915 m pro závislé paralelní přiblížení
- 760 m pro nezávislé paralelní odlety
- 760 m pro oddělené paralelní operace

s výjimkou, že:

- pro oddělený paralelní provoz stanovená minimální vzdálenost:
 - může být zmenšena o 30 m na každých 150 m, o které je příletová RWY posunuta směrem k příletovým letadlům, na minimum 300 m
 - má být zvětšena o 30 m na každých 150 m, o které je příletová RWY posunuta směrem od přilétajících letadel
- pro nezávislé paralelní dráhy přiblížení mohou být použity kombinace minimálních vzdáleností a souvisejících podmínek, jiných než jsou popsány výše, jestliže je zajištěno, že takové kombinace nebudou nepříznivě ovlivňovat bezpečnost provozu letadel [2]

5.1.7 Únosnost RWY

Únosnost RWY musí vyhovovat tzv. kritickému zatížení, tedy největšímu zatížení vyvozovanému určitým návrhovým letadlem, jehož provoz bude na daném letišti. Velikost zatížení, kterým letadlo působí na vozovku, závisí na:

- celkové hmotnosti letadla
- počtu kol na hlavních nohách podvozku
- prostorovému uspořádání hlavních kol podvozku
- typu podvozku
- huštění pneumatik [3]

Únosnost letištních ploch se nejčastěji vyjadřuje pomocí metod, které jsou podrobněji popsány v kapitole 7.

- metoda ESIWL (Ekvivalent Single Isolated Wheel Load)
- klasifikační systém LCN (Load Classification Number)
- systém ACN/PCN

5.1.8 Sklony RWY

Podélné sklony:

Sklon vypočtený dělením rozdílu mezi největší a nejmenší výškou osy RWY délkou RWY, nesmí překročit:

- 1,0 %, kde kódové číslo je 3 nebo 4
- 2,0 %, kde kódové číslo je 1 nebo 2

Podélný sklon v kterékoliv části RWY nesmí přesáhnout:

- 1,25 %, kde kódové číslo je 4 s výjimkou, že v první a poslední čtvrtině délky RWY nesmí podélný sklon přesáhnout 0,8 procenta
- 1,5 %, kde kódové číslo je 3 s výjimkou, že v první a poslední čtvrtině délky RWY pro přesné přiblížení II. a III. kategorie nesmí podélný sklon přesáhnout 0,8 procenta
- 2,0 %, kde kódové číslo je 1 nebo 2

Změny podélného sklonu:

Tam, kde nelze vyloučit změny podélného sklonu, nesmí změna mezi dvěma následujícími sklony, přesáhnout:

- 1,5 %, kde kódové číslo je 3 nebo 4
- 2,0 %, kde kódové číslo je 1 nebo 2

Přechody mezi jednotlivými sklony musí být provedeny zakružovacím obloukem, u kterého stupeň změny nepřesáhne:

- 0,1 % na 30 m (min. poloměr oblouku 30 000 m), kde kódové číslo je 4
- 0,2 % na 30 m (min. poloměr oblouku 15 000 m), kde kódové číslo je 3
- 0,4 % na 30 m (min. poloměr oblouku 7 500 m), kde kódové číslo je 1 nebo 2

Jestliže nemohou být změny sklonů vyloučeny, musí být takové, aby byla nepřerušená viditelnost:

- z kteréhokoliv bodu 3 m nad RWY na všechny jiné body 3 m nad RWY do vzdálenosti rovnající se nejméně polovině délky RWY, kde kódové písmeno je C, D, E, F nebo G
- z kteréhokoliv bodu 2 m nad RWY na všechny jiné body 2 m nad RWY do vzdálenosti rovnající se nejméně polovině délky RWY, kde kódové písmeno je B
- z kteréhokoliv bodu 1,5 m nad RWY na všechny jiné body 1,5 m nad RWY do vzdálenosti rovnající se nejméně polovině délky RWY, kde kódové písmeno je A

Příčné sklony:

Pro zajištění rychlého odtoku vody musí být povrch RWY pokud možno střešovité s výjimkou, kdy rychlý odtok vody zajistí jednotný příčný spád ve směru větru. Příčný sklon musí být nejlépe:

- 1,5 %, kde kódové písmeno je C, D, E, F nebo G
- 2,0 %, kde kódové písmeno je A nebo B

Ale v žádném případě nesmí přesáhnout 1,5 % (2,0 %), a nesmí být menší než 1,0 % s výjimkou křižovatky s RWY nebo pojezdovou dráhou, kde může být zmenšení sklonu nezbytné. [2]

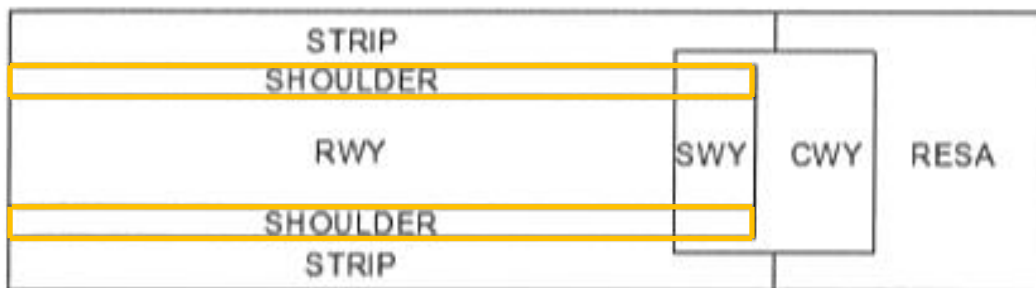
5.1.9 Povrch RWY

Povrch RWY musí být bez nerovností, aby nedocházelo k narušení tření nebo jinému nepříznivému ovlivnění vzletu nebo přistání letadla. Pro každou nově vybudovanou zpevněnou RWY musí být zajištěny povrchové charakteristiky tření.

Měření charakteristik tření povrchu se provádí pomocí zařízení pro kontinuální měření tření se samoskrápěním. Průměrná hloubka textury nového povrchu musí být minimálně 1,0 mm. Pokud je povrch drážkovaný nebo rýhovaný, pak musí být tato textura kolmá na osu RWY nebo rovnoběžná s nekolmými příčnými spárami. [2]

5.2 Postranní pásy RWY (Runway shoulders)

Postranní pásy musí zajišťovat plynulý přechod mezi zpevněnou RWY a nezpevněným pásem dráhy. Zpevněné postranní pásy snižují nebezpečí pro letadlo, které vyjede z RWY a chrání její okraj. [3]



Obr. 5.2.1 Schéma Postranních pásů RWY [7]

Zřizují se, pro:

- RWY kódového písmene D a E, kde je šířka RWY menší než 60 m
- RWY kódového písmene F nebo G [3]

5.2.1 Délka postranních pásů RWY

Délka postranních pásů v sobě zahrnuje délku RWY a délku dojezdové dráhy.

5.2.2 Šířka postranních pásů RWY

Šířka postranních pásů musí přesahovat symetricky na každou stranu RWY tak, aby celková šířka RWY spolu s postranními pásy nebyla menší než:

- 60 m u RWY kódového písmene D nebo E
- 60 m u RWY kódového písmene F s dvumotorovými nebo třímotorovými letouny
- 75 m u RWY kódového písmene F s čtyřmotorovými (nebo více) letouny [2]

5.2.3 Sklony postranních pásů RWY

Povrch postranních pásů dotýkající se RWY musí výškově navazovat na povrch RWY a jeho příčný sklon nesmí přesáhnout 2,5 %. [2]

5.2.4 Únosnost postranních pásů RWY

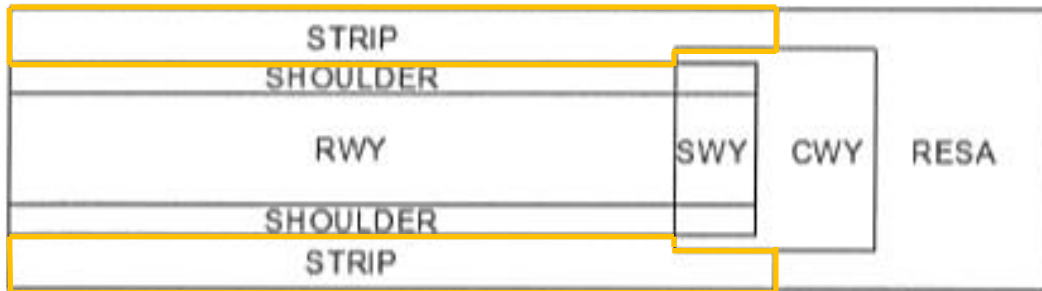
Část postranního pásu RWY mezi okrajem dráhy a vzdáleností 30 m od osy RWY musí být upraven nebo vybudován tak, aby byl schopný přenést zatížení letounu bez vzniku poškození konstrukce letounu v případě jeho vyjetí z RWY a přenést zatížení pozemními mobilními prostředky, které mohou postranní pás používat. [2]

5.2.5 Povrch postranních pásů RWY

Musí být upraven nebo vybudován tak, aby odolal erozi a nasátí povrchového materiálu motory letounů. [2]

5.3 Pásky RWY (Runway strips)

Rozšiřují oblast od RWY do boku podélně s ní od prahu dráhy až po konec RWY. Vymezuje oblast, ve které se nesmí vyskytovat objekty, které by mohly ohrozit vzletající a přistávající letadla. Pásky RWY by měly obsahovat část připravenou na případ přistání s nevysunutým předním podvozkem letadla, při kterém se přistává mimo RWY. [3]



Obr. 5.3.1 Schéma Pásů RWY [7]

5.3.1 Délka pásu RWY

Pásky RWY musí přesahovat přes práh RWY a za konec RWY nebo dojezdové dráhy na vzdálenost nejméně:

- 60 m, kde kódové číslo je 2, 3 nebo 4
- 60 m, kde kódové číslo je 1 a RWY je přístrojová
- 30 m, kde kódové číslo je 1 a RWY je nepřístrojová

5.3.2 Šířka pásu RWY

Pásky zahrnující RWY pro přesné přiblížení musí příčně sahát pokud možno do vzdálenosti nejméně:

- 140 m, kde kódové číslo je 3 nebo 4
- 70 m, kde kódové číslo je 1 nebo 2

Pás zahrnující RWY pro nepřesné přístrojové přiblížení musí příčně zasahovat do vzdálenosti nejméně:

- 140 m, kde kódové číslo je 3 nebo 4
- 70 m, kde kódové číslo je 1 nebo 2

Pás zahrnující nepřístrojovou RWY musí zasahovat na každou stranu od osy nebo prodloužené osy RWY po celé délce pásu do vzdálenosti nejméně:

- 75 m, kde kódové číslo je 3 nebo 4
- 40 m, kde kódové číslo je 2
- 30 m, kde kódové číslo je 1 [2]

5.3.3 Sklony na pásech RWY

Podélné sklony:

Podélný sklon podél té části pásu, která má být upravená, nesmí přesáhnout:

- 1,5 %, kde kódové číslo je 4
- 1,75 %, kde kódové číslo je 3
- 2,0 %, kde kódové číslo je 1 nebo 2 [3]

Změny podélných sklonů:

- změny sklonů na té části pásu, kde je požadována úprava, musí být pozvolné a prudké změny a protisklony musí být vyloučeny [2]

Příčné sklony:

Příčné sklony na té části pásu, kde je požadována úprava, musí být dostatečně zabránění shromáždění vody na povrchu, ale nesmí přesáhnout:

- 2,5 %, kde kódové číslo je 3 nebo 4
- 3,0 %, kde kódové číslo je 1 nebo 2

S výjimkou prvních 3 m od okraje RWY, postranního pásu nebo dojezdové dráhy, kde má být pro usnadnění odtoku vody sklon měřený ve směru od RWY negativní a může být až 5,0 %. [3]

5.3.4 Únosnost pásů RWY

Část pásu přístrojové RWY do vzdálenosti nejméně:

- 75 m, kde kódové číslo je 3 nebo 4
- 40 m, kde kódové číslo je 1 nebo 2

Od osy a prodloužené osy RWY musí být upravena nebo vybudována tak, aby minimalizovala nebezpečí v důsledku rozdílů v únosnosti pro letouny, kterým je RWY určena, v případě jejich vyjetí z RWY. [3]

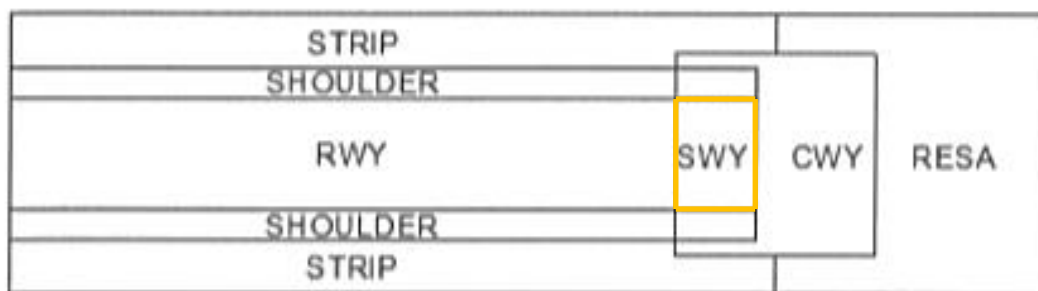
Část pásu nepřístrojové RWY do vzdálenosti nejméně:

- 75 m, kde kódové číslo je 3 nebo 4
- 40 m, kde kódové číslo je 2
- 30 m, kde kódové číslo je 1

Od osy a prodloužené osy RWY musí být upravena nebo vybudována tak, aby minimalizovala nebezpečí v důsledku rozdílů v únosnosti pro letouny, kterým je RWY určena, v případě jejich vyjetí z RWY. [2]

5.4 Dojezdová dráha (Stopway – SWY)

Vymezená pravouhlná plocha na zemi navazující na konec použitelné délky rozjezdu, upravená tak, aby na ní mohlo letadlo zastavit při přerušeném vzletu. Šířka dojezdové dráhy musí být stejná jako šířka navazující RWY. [3]



Obr. 5.4.1 Schéma SWY [7]



Obr. 5.4.2 Dojezdová dráha - Stopway [21]

5.4.1 Šířka dojezdových drah

Dojezdová dráha musí mít stejnou šířku jako RWY, na kterou navazuje. [2]

5.4.2 Sklony pojezdových drah

Sklony a změny sklonů dojezdové dráhy a přechod mezi sklonem z RWY na dojezdovou dráhu musí vyhovovat požadavkům se sklony RWY, na kterou navazuje s výjimkou, že:

- u dojezdové dráhy se nemusí uplatňovat omezení týkající se sklonu 0,8 % v první a poslední čtvrtině délky RWY
- v napojení dojezdové dráhy na RWY a podél dojezdové dráhy může být maximální stupeň změny sklonu 0,3 % na 30 m (minimální poloměr oblouku 10 000 m), kde kódové číslo je 3 nebo 4 [3]

5.4.3 Únosnost dojezdových drah

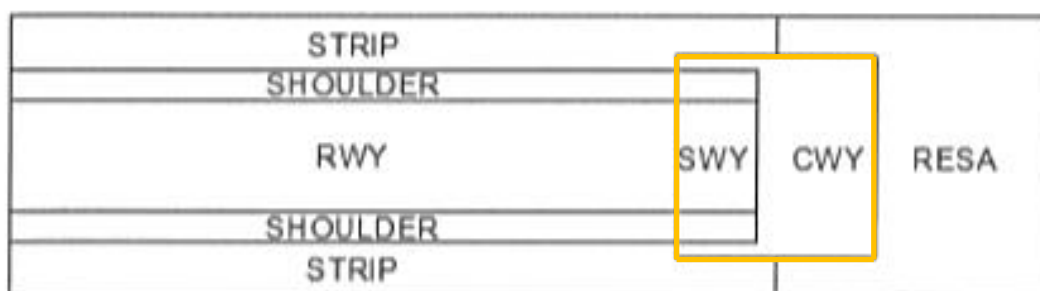
Dojezdová dráha musí být upravena nebo vybudována tak, aby byla schopná v případě přerušeného vzletu přenést zatížení letounem, kterému je dojezdová dráha určena, aniž by došlo k poškození konstrukce letounu. [2]

5.4.4 Povrch dojezdových drah

Povrch zpevněné dojezdové dráhy musí být vybudován nebo obnoven tak, aby zajišťoval charakteristiky tření povrchu alespoň na úrovni navazující RWY. [3]

5.5 Předpolí (Clearway – CWY)

Vymezená plocha na zemi nebo na vodě, vybranou nebo upravenou jako použitelnou plochu, kde může letadlo provést část počátečního stoupání do předepsané výšky. Předpolí se musí zřizovat na přístrojových RWY kódového čísla 3 nebo 4 a umísťuje se na konec použitelné délky rozjezdu. [3]



Obr. 5.5.1 Schéma CWY [7]

5.5.1 Délka předpolí

Délka předpolí nesmí být větší než polovina použitelné délky rozjezdu a u RWY kódového čísla 4 musí být jeho délka minimálně 300 m (tato délka může být zkrácena na polovinu, pokud jsou koncové a bezpečnostní plochy vybaveny systémem pro nedestruktivní zbrzdění letadel). [2]

5.5.2 Šířka předpolí

Šířka předpolí musí příčně sahat nejméně do 75 m na každou stranu od prodloužené osy přístrojové RWY kódového čísla 3 nebo 4. U ostatních RWY musí předpolí sahat příčně do vzdálenosti odpovídající polovině šířky pásu dráhy na každou stranu od prodloužené osy RWY. [2]

5.5.3 Sklony předpolí

Terén v předpolí nesmí přesahovat rovinu stoupající ve sklonu 1,25 %, pokud ÚCL nestanoví jinak, přičemž její nižší okraj je vodorovný, kolmý ke svislé rovině procházející osou RWY a prochází bodem umístěným na ose RWY na konci použitelné délky rozjezdu.

Při malém sklonu terénu předpolí nebo při jeho průměrném stoupajícím sklonu musí být vyloučeny prudké změny ve stoupání. V těchto případech v části předpolí do vzdálenosti 22,5 m nebo v poloviční šířce RWY (podle toho, která šířka je větší) musí změny sklonů na předpolí na každou stranu od prodloužené osy RWY odpovídat sklonům a změnám sklonů RWY, na kterou předpolí navazuje. [2]

5.5.4 Objekty umístěné na předpolí

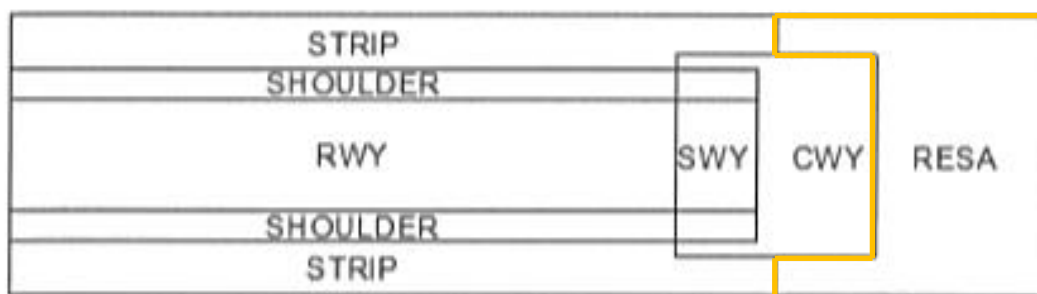
Každý objekt umístěný na předpolí, který by mohl ohrozit letouny ve vzduchu, je považován za překážku a musí být odstraněn. Jakékoliv vybavení pro navigaci letadel ve vzduchu, které se nachází na předpolí, by nemělo být objemné. Toto vybavení by mělo být co nejnižší a hlavně dobře viditelné, aby snížilo nebezpečí poškození letounu na minimum. [1]

5.5.5 Únosnost předpolí

Předpolí musí být vybudováno tak, aby bylo co nejvíce sníženo nebezpečí poškození letounu v případě jeho předčasného dosednutí nebo vjetí za konec RWY. Zároveň musí umožnit pohyb hasičských a záchranných vozidel. [3]

5.6 Koncové bezpečnostní plochy (RESA)

Navazuje na konec pásu RWY a je zároveň souměrná k prodloužené ose tohoto pásu. Slouží ke snížení nebezpečí poškození letadla v případě jeho předčasného dosednutí nebo vyjetí za konec RWY. Zřizuje se na každém konci RWY u letišť, kde je kódové číslo 3, 4 nebo kódové číslo 1, 2, je-li RWY přístrojová. [2]



Obr. 5.6.1 Schéma RESA [7]

5.6.1 Délka bezpečnostní plochy

Koncová a bezpečnostní plocha musí sahát minimálně do vzdálenosti 90 m od konce pásu RWY, ale z důvodu bezpečnosti je dobré, aby koncová a bezpečnostní plocha přesahovala za konec pásu RWY minimálně:

- 240 m tam, kde kódové číslo je 3 nebo 4
- 120 m tam, kde kódové číslo je 1 nebo 2 a RWY je přístrojová [2]

5.6.2 Šířka bezpečnostní plochy

Šířka koncové a bezpečnostní plochy musí být nejméně dvakrát větší než šířka příslušné RWY, ale z důvodu bezpečnosti je dobré, aby šířka koncové a bezpečnostní plochy byla stejně široká jako upravená část příslušného pásu RWY. [2]

5.6.3 Objekty na koncových bezpečnostních plochách

Každý objekt umístěný na koncové a bezpečnostní ploše, který může ohrozit letouny, musí být považován za překážku a musí být, pokud možno, odstraněn. [2]

5.6.4 Sklony bezpečnostních ploch

Podélné i příčné sklony nesmějí přesáhnout 5 % v klesání, pokud ÚCL nestanoví jinak, a změny sklonů musí být pozvolné. Prudké sklony a protisklony jsou zakázány. [2]

5.6.5 Únosnost koncových bezpečnostních ploch

Koncová bezpečnostní plocha musí být upravena nebo vybudována tak, aby snížila nebezpečí poškození letounu v případě předčasného dosednutí nebo vyjetí letounu za konec RWY. Zároveň musí způsobit zbrzdění letounu a umožnit pohyb hasičských a záchranných vozidel. [2]

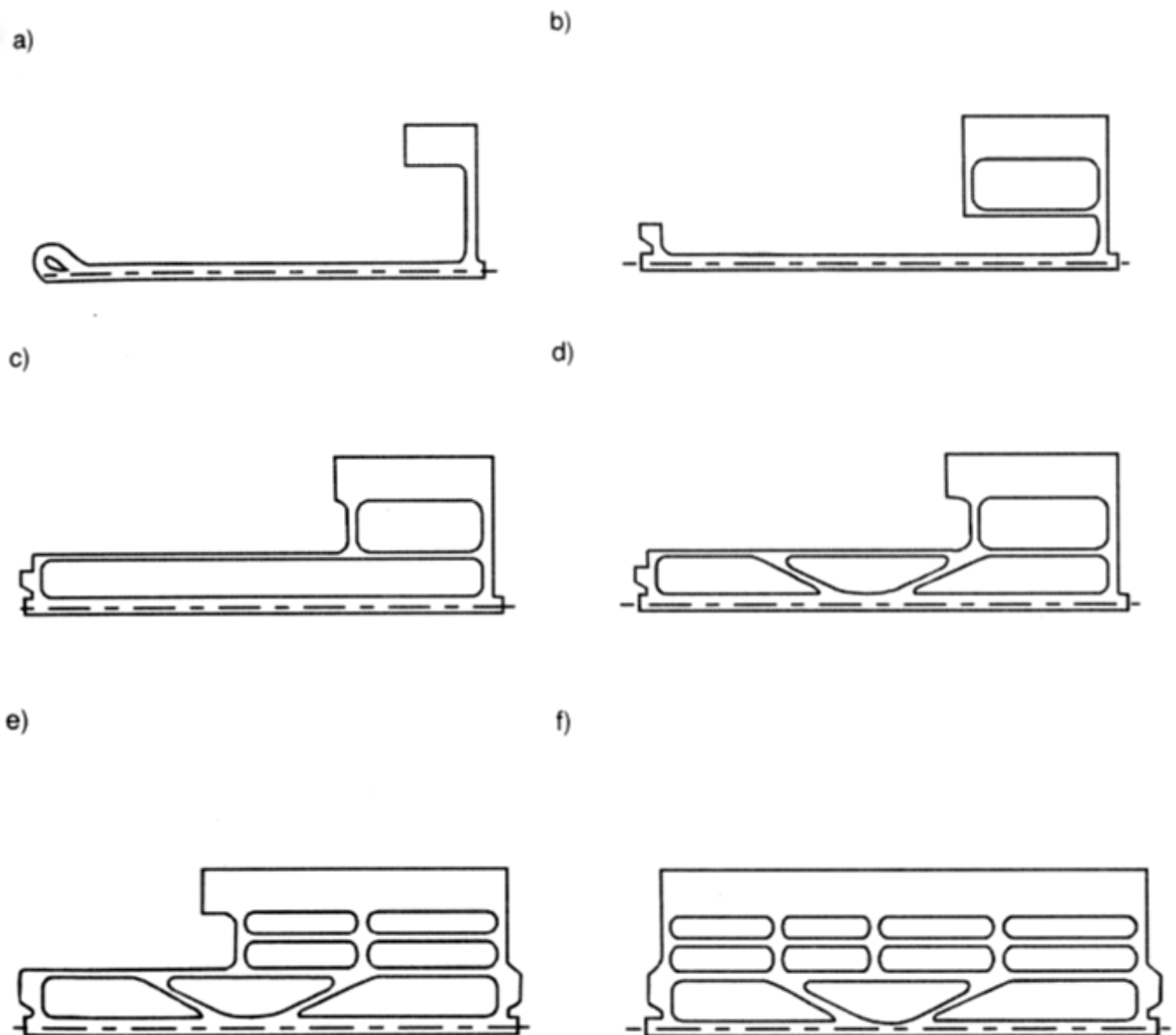
5.7 Pojezdové dráhy (Taxiways – TWY)

Pojezdová dráha je pás na letišti určený k pojíždění letadel z jedné části na druhou. Navrhují se tak, aby umožnily organizovat provoz na letišti co nejvýhodněji, a to při minimálních časových ztrátách a při vysokém stupni bezpečnosti. Je výhodné, aby byly co nejkratší a současně umožnily maximální plynulost a propustnost systému RWY, proto musí být pro každou RWY zřízen dostatečný počet vjezdových a výjezdových pojezdových drah. [4]



Obr. 5.7.1 Pojezdová dráha - TWY [22]

5.7.1 Etapy vývoje pojezdových drah



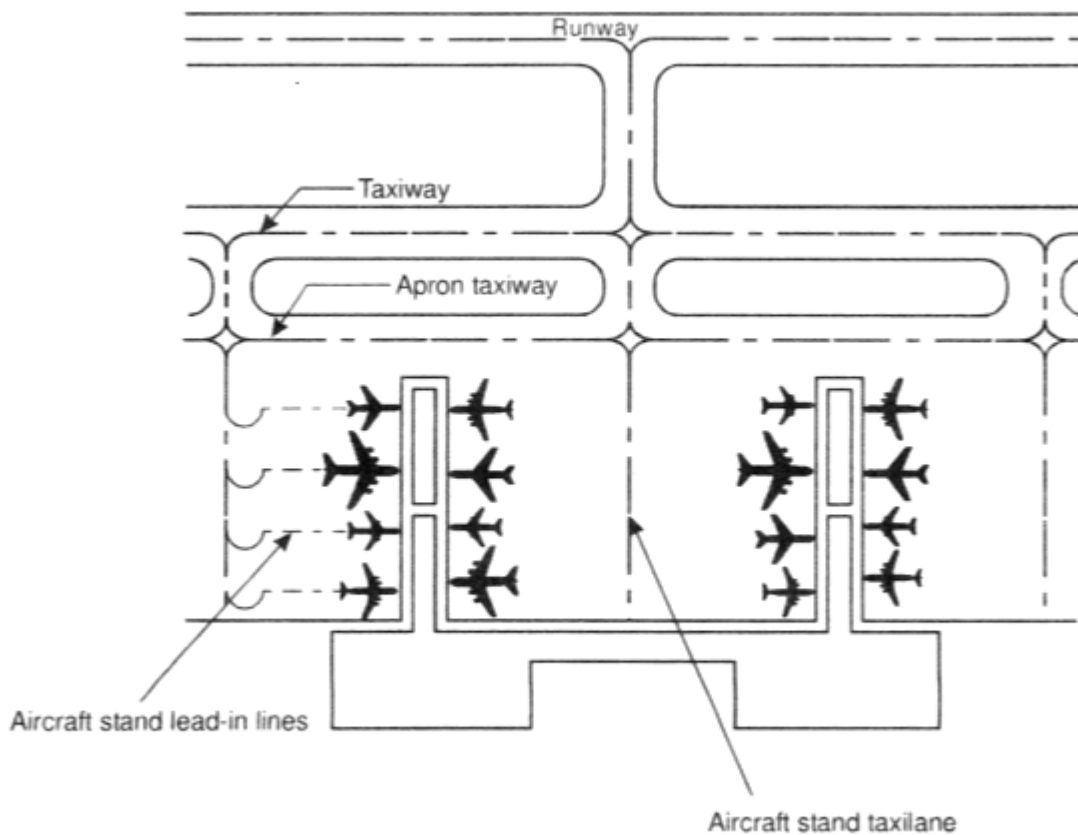
Obr. 5.7.1.1 Etapy vývoje pojezdových drah [4]

5.7.2 Pojezdové dráhy na odbavovací ploše

Pojezdové dráhy umístěné na odbavovací ploše jsou dvou typů:

- Pojezdová dráha na odbavovací ploše (Apron taxiway) – část systému pojezdových drah, která je umístěná na odbavovací ploše a umožňuje průjezd odbavovací plochou.
- Pojezdový pruh (Aircraft stand taxilane) – část odbavovací plochy, která je určena jako pojezdová dráha a umožňuje přístup letadel pouze ke stání.

Pojezdový pruh ke stojánce (Aircraft stand lead-in lines) – se nepovažuje za součást pojezdové dráhy na odbavovací ploše. [4]



Obr. 5.7.2.1 Pojezdové dráhy na odbavovací ploše [6]

5.7.3 Šířka pojezdových drah

V přímé části pojezdové dráhy nesmí být šířka menší, než je uvedeno v Tab. 5.7.3.1:

Kódové písmeno	Šířka pojezdové dráhy
A	7,5 m
B	10,5 m
C	15 m, pro letouny s rozvorem ¹⁾ menším než 18 m
	18 m, pro letouny s rozvorem 18 m a více
D	18 m, pro letouny s vnějším rozchodem kol hlavního podvozku menším než 9 m
	23 m, pro letouny s vnějším rozchodem kol hlavního podvozku 9 m nebo více
E	23 m
F	25 m
G	25 m, pro letouny s vnějším rozchodem kol hlavního podvozku menším než 16 m
	9 m + rozměr vnějšího rozchodu kol hlavního podvozku, pro letouny s vnějším rozchodem kol hlavního podvozku rovným nebo větším než 16 m

Tab. 5.7.3.1 Minimální šířka pojezdové dráhy [2]

Dále je potřeba splnit požadavky týkající se vzdálenosti mezi vnějším kolem hlavního podvozku letounu a okrajem pojezdové dráhy, dle Tab. 5.7.3.2:

Kódové písmeno	Vzdálenost
A	1,5 m
B	2,25 m
C	3 m, pro letouny s rozvorem menším než 18 m
	4,5 m, pro letouny s rozvorem 18 m a více
D	4,5 m
E	4,5 m
F	4,5 m
G	4,5 m

Tab. 5.7.3.2 Minimální vzdálenost mezi vnějším kolem hlavního podvozku a okrajem pojezdové dráhy [2]

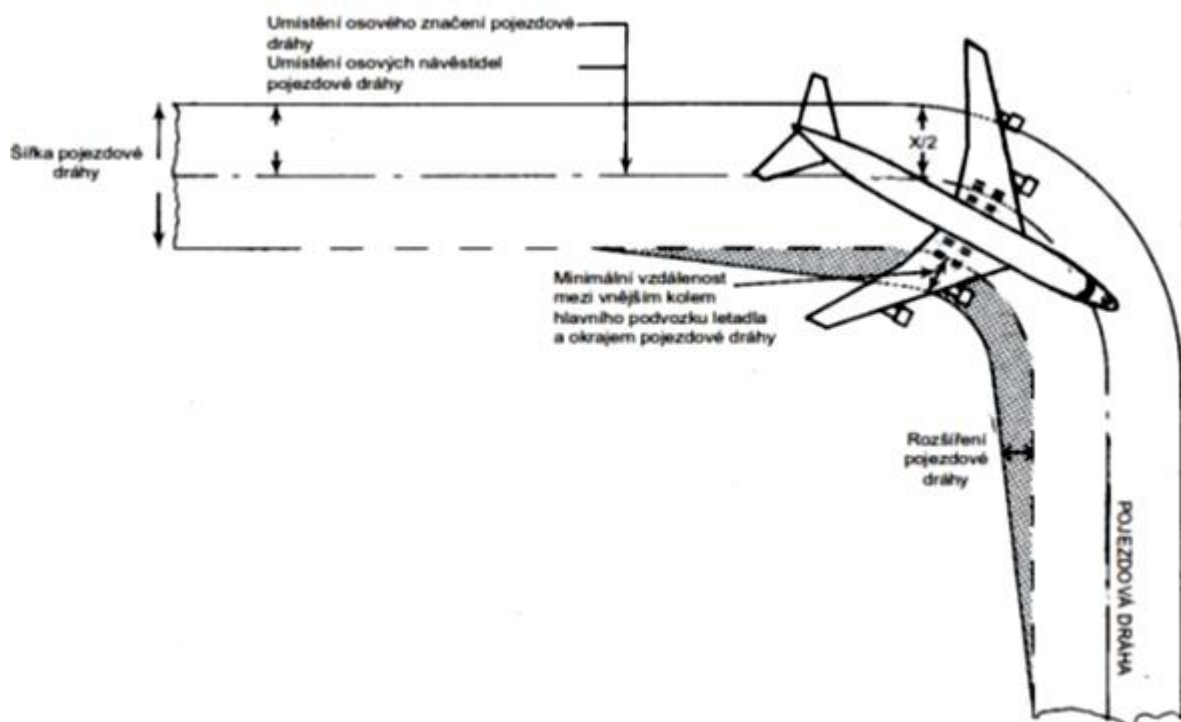
1) Rozvor = vzdálenost od předového podvozku ke geometrickému středu hlavního podvozku

5.7.4 Oblouky pojezdových drah

Množství a velikost změn směru pojezdových drah musí být co nejmenší. Poloměry oblouku musí odpovídat manévrovacím schopnostem a pojezdovým rychlostem letounu, pro které je pojezdová dráha určena.

Aby byly zachovány minimální vzdálenosti mezi vnějším kolem hlavního podvozku a okrajem pojezdové dráhy i v případě směrového oblouku, často se navrhuje rozšíření oblouku.

V místě křížení nebo napojení pojezdové dráhy na RWY, odbavovacími plochami nebo jinými pojezdovými dráhami musí být provedeny napojovací oblouky pro usnadnění pohybů letadel. [2]



Obr. 5.7.4.1 Příklad rozšíření pojezdové dráhy pro dosažení stanovené vzdálenosti kola v oblouku pojezdové dráhy [2]

5.7.5 Minimální vzdálenost pojezdových drah

Vzdálenost mezi osou pojezdové dráhy a osou RWY, paralelní pojezdové dráhy nebo jakýmkoliv objektem nesmí být menší než příslušný rozměr uvedený v Tab. 5.7.5.1. Výjimkou jsou stávající letiště, kde je prokázáno, že současné vzdálenosti nepříznivě neovlivňují bezpečnost a pravidelnost provozu letounů. [2]

Vzdálenost mezi osou pojezdové dráhy a osou RWY (metry)											
Přístrojová RWY				Nepřístrojová RWY				Osa pojezdové dráhy od osy pojezdové dráhy	Osa pojezdové dráhy, jiné než je pojezdový pruh, od objektu	Osa pojezdového pruhu od objektu	
Kódové číslo				Kódové číslo				(metry)	(metry)	(metry)	
Kódové písm.	1	2	3	4	1	2	3	4	(metry)	(metry)	(metry)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
A	82,5	82,5	-	-	37,5	47,5	-	-	23,75	16,25	12
B	87	87	-	-	42	52	-	-	33,5	21,5	16,5
C	-	-	168	-	-	-	93	-	44	26	24,5
D	-	-	176	176	-	-	101	101	66,5	40,5	36
E	-	-	-	182,5	-	-	-	107,5	80	47,5	42,5
F	-	-	-	190	-	-	-	115	97,5	57,5	50,5
G				dle rozhodnutí ÚCL						dle rozhodnutí ÚCL	

Tab. 5.7.5.1 Minimální vzdálenosti pojezdové dráhy [2]

5.7.6 Sklony pojezdových drah

Podélné sklony:

Pokud ÚCL nestanoví jinak, tak podélný sklon pojezdové dráhy nesmí být větší než:

- 1,5 %, kde kódové písmeno je C, D, E, F nebo G
- 3,0 %, kde kódové písmeno je A nebo B

Změny podélných sklonů:

Změny sklonů pojezdových drah nelze vyloučit, přechod z jednoho sklonu do druhého musí být proveden zakružovacím obloukem, u něhož stupeň změny nepřesáhne:

- 1,0 % na 30 m (minimální poloměr oblouku 3 000 m), kde kódové písmeno je C, D, E, F nebo G
- 1,0 % na 25 m (minimální poloměr oblouku 2 500 m), kde kódové písmeno je A nebo B

Viditelnost:

Jestliže nemohou být změny sklonů pojezdových drah vyloučeny, musí být takové, aby z jakéhokoliv bodu, ve výšce:

- 3 m nad pojezdovou dráhou bylo možno vidět celý povrch pojezdové dráhy do vzdálenosti nejméně 300 m od tohoto bodu tam, kde kódové písmeno je C, D, E, F nebo G
- 2 m nad pojezdovou dráhou bylo možno vidět celý povrch pojezdové dráhy do vzdálenosti nejméně 200 m od tohoto bodu tam, kde kódové písmeno je B
- 1,5 m nad pojezdovou dráhou bylo možno vidět celý povrch pojezdové dráhy do vzdálenosti nejméně 150 m od tohoto bodu tam, kde kódové písmeno je A

Příčný sklon:

Příčný sklon pojezdové dráhy musí být dostatečný k zabránění shromažďování vody na povrchu pojezdové dráhy, ale nesmí, pokud ÚCL nestanoví jinak, přesáhnout:

- 1,5 %, kde kódové písmeno je C, D, E, F nebo G
- 2,0 %, kde kódové písmeno je A nebo B [2]

5.7.7 Únosnost pojezdových drah

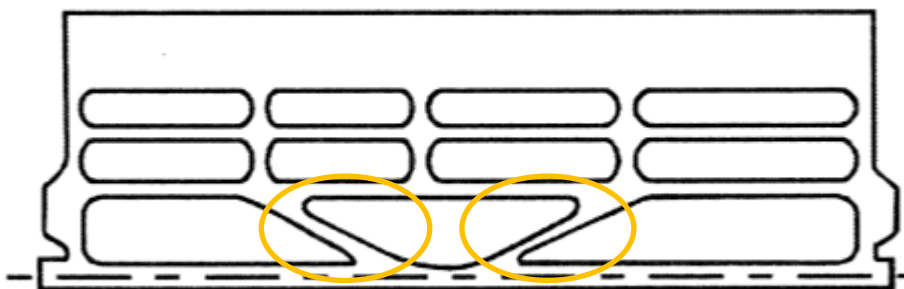
Únosnost pojezdové dráhy musí být nejméně stejná jako únosnost RWY, jíž slouží, a to proto, že pojezdová dráha bude vystavena větší hustotě provozu a v důsledku pomalu pojíždějících nebo stojících letounů většímu zatížení než RWY, jíž slouží. [2]

5.7.8 Povrch pojezdových drah

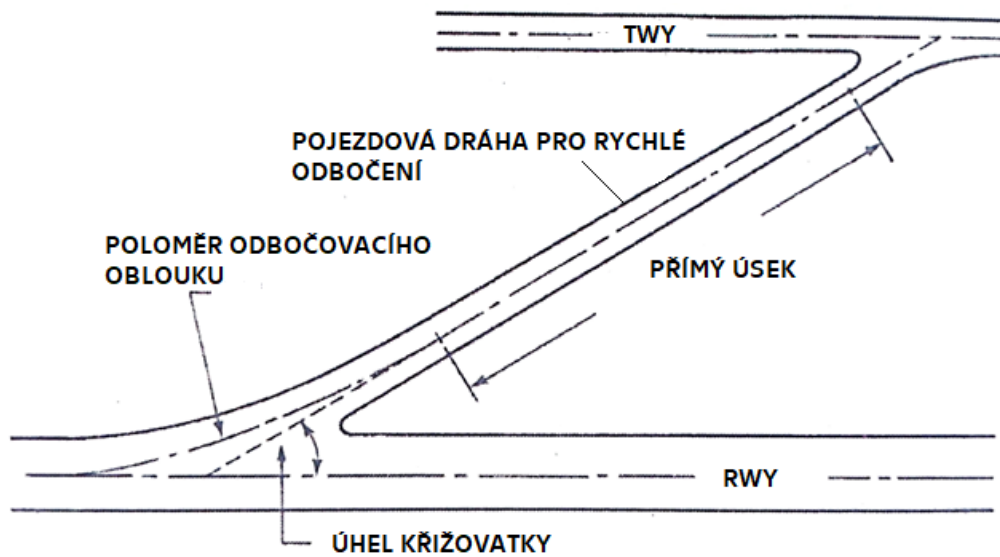
Povrch pojezdové dráhy nesmí mít nerovnosti, které by mohly způsobit poškození konstrukce letounu. Povrch zpevněné pojezdové dráhy musí být vybudován nebo obnoven tak, aby zajistil vhodné charakteristiky tření letounu. Maximální povolená provozní výška travního porostu u nezpevněných pojezdových drah je 35 cm. [2]

5.7.9 Pojezdové dráhy pro rychlé odbočení

Pojezdové dráhy pro rychlé odbočení slouží pro zrychlení provozu na letišti a umožňují letounům s kratší délkou přistání dříve opustit RWY. Napojení této dráhy na RWY je v rozmezí 25 – 45° (nejlépe 30°). Je nutné, aby dráha obsahovala za tímto odbočujícím obloukem dostatečně dlouhý přímý úsek pro úplné zastavení letadel. [2]



Obr. 5.7.9.1 Vyznačené pojezdové dráhy pro rychlé odbočení [4]



Obr. 5.7.9.2 Pojezdová dráha pro rychlé odbočení [2]



Obr. 5.7.9.3 Pojezdová dráha pro rychlé odbočení – Letiště Houston [23]

Poloměry odbočovacích oblouků musí být nejméně:

- 550 m, kde kódové číslo je 3 nebo 4
- 275 m, kde kódové číslo je 1 nebo 2 [2]

5.7.10 Postranní pásy pojezdových drah

Přímé části pojezdové dráhy tam, kde kódové písmeno je C, D, E, F nebo G, musí být opatřeny postranními pásy pojezdové dráhy, zasahujícími symetricky na obě strany pojezdové dráhy tak, že celková šířka pojezdové dráhy spolu s postranními pásy není v přímých částech menší než:

- 44 m, kde kódové písmeno je F nebo G
- 38 m, kde kódové písmeno je E
- 34 m, kde kódové písmeno je D
- 25 m, kde kódové písmeno je C

V obloucích pojezdových drah a na křížení nebo křižovatkách tam, kde je zřízená rozšířená vozovka, šířka postranních pásů nesmí být menší, než šířka na přilehlých přímých částech pojezdové dráhy. [2]

5.7.11 Pásy pojezdové dráhy

Zřizují se na stejném principu jako u RWY, aby chránili prostor okolo pojezdové dráhy před předměty, které by mohly ohrozit pojíždějící letouy. Pás pojezdové dráhy musí mít stejný směr spádu jako pojezdová dráhy, z důvodu odvodnění.

Příčné sklony žádné části pásu pojezdové dráhy, nesmí ve stoupání nebo klesání přesáhnout 5 %, měřeno ve směru od pojezdové dráhy. [2]

5.8 Odbavovací plochy (Aprons)

Odbavovací plocha musí být zřízena tam, kde je nezbytné umožnit nastupování nebo vystupování cestujících, nakládání nebo vykládání pošty nebo zboží, dále k plnění letadel pohonnými hmotami a k jejich odstavení nebo ošetřování, tedy pro obsluhu letadel bez narušování letištního provozu.

Pro rychlé provedení výše uvedených činností je nezbytné, aby odbavovací plochy byly umístěny co nejbližší k odbavovací budově. [4]



Obr. 5.8.1 Odbavovací plochy – Letiště Dubaj [24]

5.8.1 Stání letadel

Vymezená plocha na odbavovací ploše určená ke stání letadla. Rozděluje se na tři typy stání letadel:

- otočná – letadla zajíždějí do stání, na němž se otáčejí, a poté vyjíždějí ze stání pomocí vlastních motorů
- průjezdná – letadla zajíždějí do stání a vyjíždějí ze stání pomocí vlastních motorů, ale neotáčejí se
- nose-in – letadla do stání zajíždějí pomocí vlastních motorů, po odbavení však musí být do určené polohy vytlačena tahačem letadla [1]

5.8.2 Polohy stání letadel

- přídí dovnitř
- pod úhlem přídí dovnitř
- přídí ven
- pod úhlem přídí ven
- rovnoběžně s odbavovací budovou

Poloha letadla – přídí dovnitř nebo pod úhlem přídí dovnitř

Výhody: - výfukové plyny nejsou zaměřeny k budově
- nižší hladina hluku při zajištění dovnitř
- přední dveře letadla jsou blízko u odbavovací plochy

Nevýhody: - nepříznivé účinky výfukových plynů na budovu a sousední letadla při otáčení
- potřeba velké množství energie k otočení plně zatíženého letadla při opouštění odbavovací plochy
- velká vzdálenost zadních dveří letadla od budovy

Poloha letadla – přídí ven nebo pod úhlem přídí ven

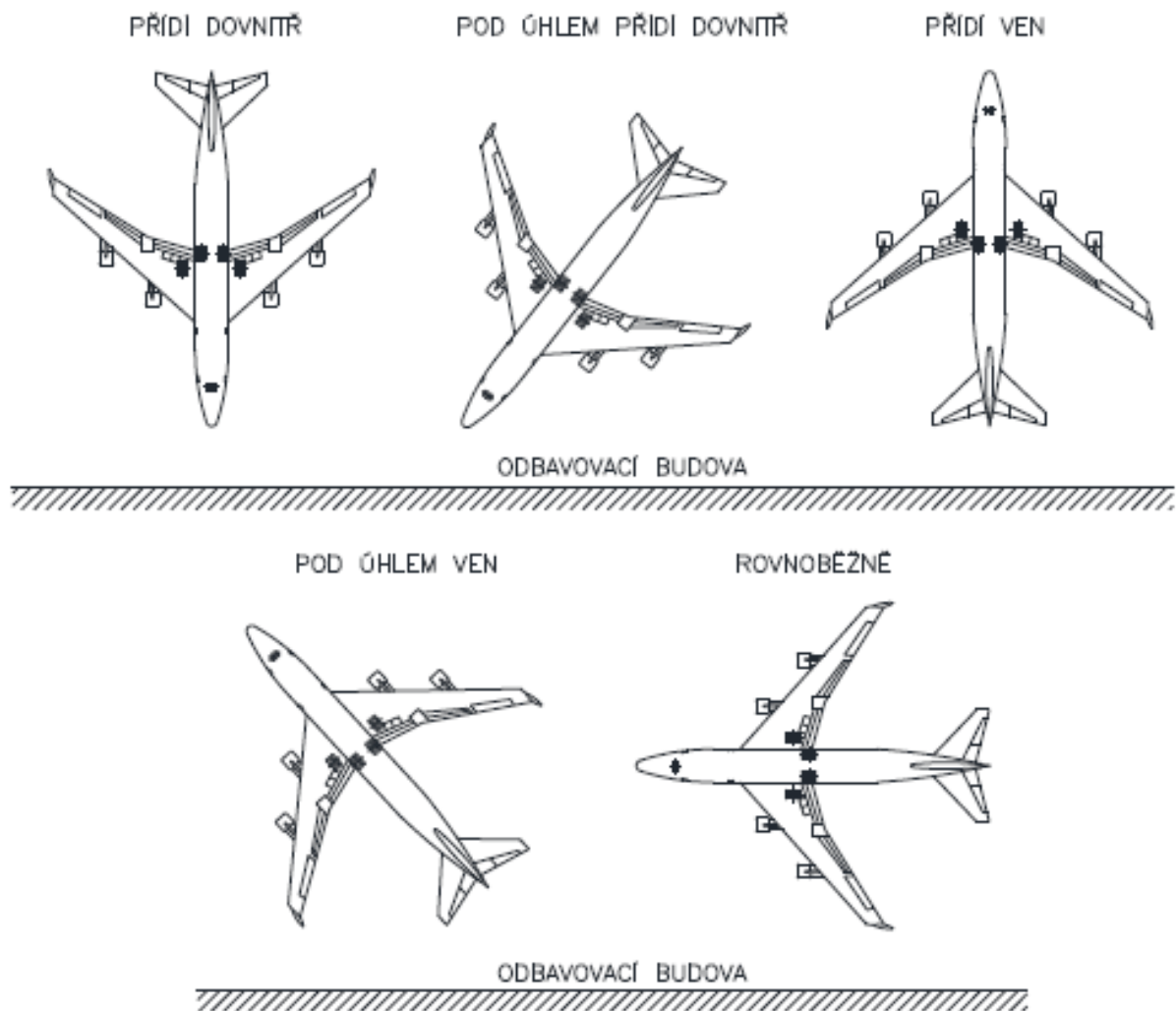
Výhody: - zadní dveře letadla jsou blízko u odbavovací plochy
- nižší hladina hluku a vliv výfukových plynů (vysoká pohybová energie letadla – nižší spotřeba paliva)

Nevýhody: - při výjezdu jsou výfukové plyny směřovány na odbavovací plochu

Poloha letadla – rovnoběžně s odbavovací plochou

Výhody: - přední i zadní dveře letadla jsou stejně vzdáleny od budovy, výhodnější pro cestující

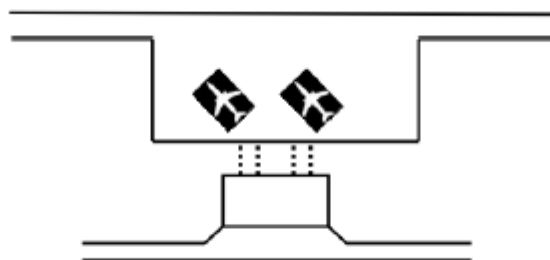
Nevýhody: - potřeba největšího prostoru [1]



Obr. 5.8.2.1 Polohy stání letadel [1]

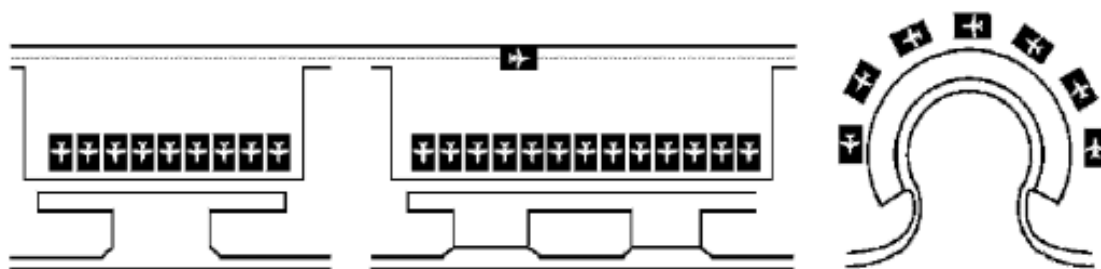
5.8.3 Uspořádání odbavovacích ploch

Jednoduché uspořádání – používá se na letištích s malou intenzitou dopravy. Letadla jsou parkována pod úhlem se stáním přídí dovnitř nebo ven. Je třeba dodržet dostatečnou mezeru mezi hranou odbavovací plochy a čelem budovy terminálu, a to kvůli snížení účinku výfukových plynů a proudu horkého vzduchu. [12]



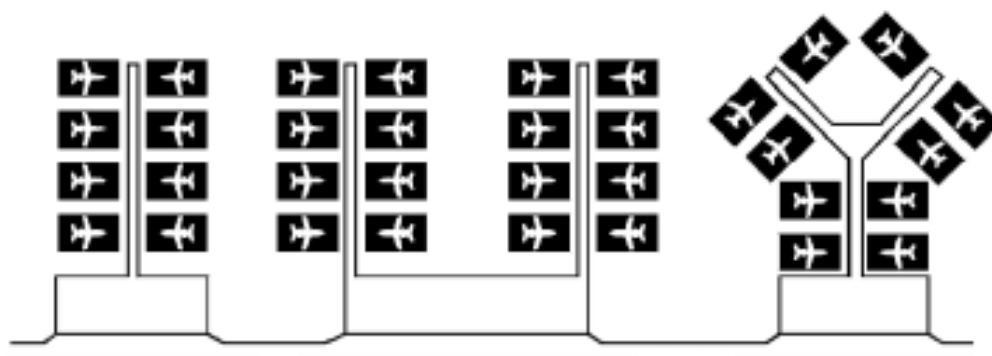
Obr. 5.8.3.1 Jednoduché uspořádání [4]

Lineární uspořádání – považuje se za pokročilejší verzi jednoduchého uspořádání. Letadla mohou být parkována buď pod úhlem anebo rovnoběžně. Toto parkování umožňuje relativně snadné a jednoduché manévrování letadel pojíždějících na příslušná stání, ale je potřeba zajistit letištní tahače a zkušené operátory. Na letištích s větším provozem je dobré vybudovat dvojitou pojezdovou dráhu ke snížení blokování pojezdové dráhy při vyjíždění letadel ze stání. [6]



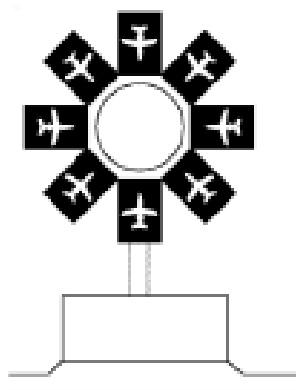
Obr. 5.8.3.2 Lineární uspořádání [4]

Prstové uspořádání – Více variant uspořádání prstových nástupišť můžeme vidět na Obr. 5.8.3.3. v závislosti na tvaru mola – prstu. Letadla mohou být parkována po obou stranách mola a to buď pod úhlem, rovnoběžně anebo přídílí vpřed. Uspořádání, které má pouze jedno molo, má v podstatě stejné výhody jako lineární uspořádání s výjimkou toho, že jsou omezené možnosti rozšíření tohoto typu ke zvýšení kapacity. Při větším počtu mol, musí být brán ohled na zachování dostatečného prostoru mezi nimi, musí být vybudovány dvojitě pojezdové dráhy, aby se předešlo konfliktům mezi vjezdem a výjezdem letadel. [6]



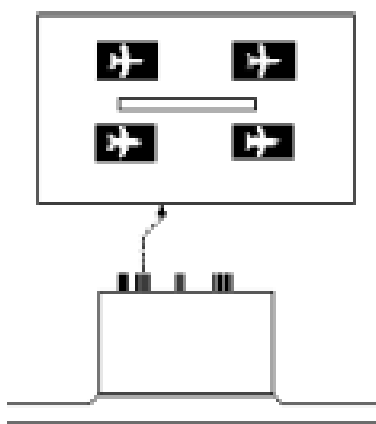
Obr. 5.8.3.3 Prstové uspořádání [4]

Ostrovní uspořádání – skládá se ze samostatné „ostrovní“ jednotky, která je obklopena jednotlivými stánými a je oddělená od odbavovací budovy. Tento „ostrov“ je spojen s terminálem podzemím nebo mostem, ale může být i na povrchu. Podle tvaru ostrova se odvíjí parkování letadel na stáních. Nevýhodou tohoto uspořádání je problematické rozšiřování, při kterém je nutné vybudovat nový ostrov pro navýšení počtu míst k stánům. [6]



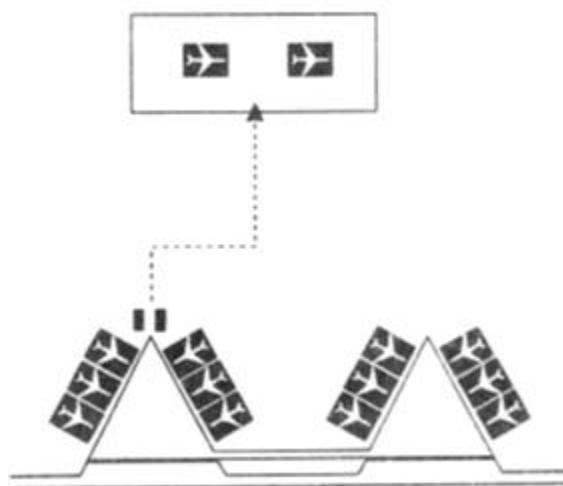
Obr. 5.8.3.4 Ostrovní uspořádání [4]

Otevřené uspořádání – toto uspořádání stánů se liší hlavně v požadavku na umístění, ideální umístění je v blízkosti RWY a tím pádem ve větší vzdálenosti od ostatních konstrukcí. Výhodou je snadné rozšíření, jednoduchá manipulace letadel, kratší pojezdovou vzdálenost letadel. Nevýhodou je dlouhá dopravní vzdálenost od terminálu pro cestující, zavazadla a náklad. [6]



Obr. 5.8.3.5 Otevřené uspořádání [4]

Kombinované uspořádání – toto uspořádání vzniká kombinací více uspořádání dohromady. Velmi často dochází ke kombinaci otevřeného uspořádání s jedním z dalších typů uspořádání. Stání letadel, která jsou umístěna ve větší vzdálenosti od odbavovací budovy, jsou často nazývána jako vzdálené odbavovací plochy nebo vzdálená stání. [6]



Obr. 5.8.3.6 Kombinované uspořádání [4]

5.8.4 Vzdálenosti stání letadel

Minimální vzdálenosti mezi letadlem vstupujícím na stání nebo opouštějícím stání a jakoukoliv přilehlou budovou, letadlem na jiném stání a dalšími objekty jsou uvedeny v Tab. 5.8.4.1:

Kódové písmeno	Vzdálenosti
A	3 m
B	3 m
C	4,5 m
D	7,5 m
E	7,5 m
F	7,5 m
G	7,5 m

Tab. 5.8.4.1 Minimální vzdálenosti stání letadel [2]

Pro dráhy, kde kódové písmeno je D, E, F nebo G mohou být ve zvláštních odůvodněných případech vzdálenosti zmenšeny na stáních „in-situ (přídí vpřed)“:

- mezi odbavovací budovou, včetně pevných mostů a přídí letadla
- u jakékoliv části stání opatřeného směrovým vedením zajišťovaného vizuálním systémem navádění letadel na stání [2]

5.8.5 Únosnost odbavovacích ploch

Každá část odbavovací plochy musí mít únosnost odpovídající zatížení letadly, pro která je určena, při zvažení skutečnosti, že některé části odbavovací plochy budou vystaveny větší intenzitě provozu a v důsledku pomalu pojíždějících nebo stojících letadel většímu zatížení než RWY. [2]

5.8.6 Sklony odbavovacích ploch

Sklony odbavovacích ploch musí být takové, aby byl umožněn odtok povrchové vody. S ohledem na stání letadel musí být sklon co nejmenší, a proto v místech stání letadel nesmí být výsledný sklon větší než 1 %. [2]

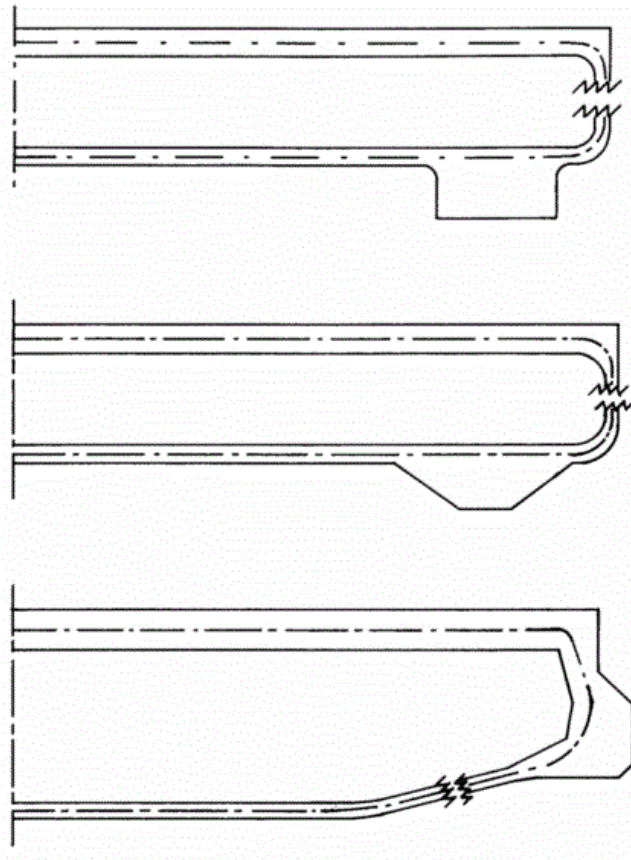
5.9 Vyčkávací plochy (Holding Bays)

Vymezená plocha, kde mohou být letadla zdržena nebo předjeta za účelem usnadnění efektivního pozemního pohybu letadel. Vyčkávací plochy musí být zřízeny, když hustota provozu je střední nebo vysoká. [2]

Vyčkávací místo nebo místa RWY musí být zřízena:

- na křižovatce pojezdové dráhy s RWY
- na křižovatce RWY s jinou RWY, jestliže první RWY je součástí standartní pojezdové dráhy [2]

5.9.1 Příklady tvarů vyčkávacích ploch



Obr. 5.9.1.1 Příklady tvarů vyčkávacích ploch [4]

5.9.2 Vzdálenost mezi vyčkávací plochou a osou RWY

Vzdálenost mezi vyčkávací plochou, vyčkávacím místem RWY zřízeným před křižovatkou pojezdové dráhy s RWY nebo vyčkávacím místem na komunikaci a osou RWY musí být v souladu s Tab. 5.9.1 a v případě RWY pro přesné přiblížení taková, že stojící letadlo nebo mobilní prostředek nebude rušit činnost radionavigačních prostředků. [2]

Typ RWY	Kódové číslo			
	1	2	3	4
Nepřístrojová	30 m	40 m	75 m	75 m
Pro přístrojové přiblížení	40 m	40 m	75 m	75 m
Pro přesné přiblížení I. Kategorie	60 m ^b	60 m ^b	90 m ^{a,b}	90 m ^{a,b}
Pro přesné přiblížení II. a III. kategorie	-	-	90 m ^{a,b}	90 m ^{a,b,c}
^a Pokud je vyčkávací plocha nebo vyčkávací místo níže než práh, může se vzdálenost snížit o 5 m na každý metr, o který je plocha nebo místo níže než práh dráhy, aniž by byla narušena vnitřní přechodová plocha				
^b Tuto vzdálenost může být potřebné zvětšit, aby se zabránilo rušení radionavigačních prostředků, zejména sestupových a směrových přistávacích zařízení				
^c Kde kódové písmeno je F nebo G, vzdálenost musí být 107,5 m				

Tab. 5.9.2.1 Minimální vzdálenosti mezi vyčkávací plochou a osou RWY [2]

Ve výškách nad mořem větších než 700 m musí být vzdálenost 90 m dle Tab. 5.9.2.1 pro RWY pro přesné přiblížení kódového čísla 4 zvětšena následovně:

- v nadmořské výšce do 2000 m, 1 m na každých 100 m převyšujících 700m
- v nadmořské výšce větší než 2000 m ale menší než 4000 m, 13 m plus 1,5 m na každých 100 m převyšujících 2000 m
- v nadmořské výšce větší než 4000 m ale menší než 5000 m, 43 m plus 2 m na každých 100 m převyšujících 4000 m [2]

5.9.3 Vzdálenost mezi křídly dvou letadel

Rozměry musí umožňovat dostatečný prostor mezi letadly, tak aby jim bylo umožněno bezproblémové manévrování. Obecně platí, že vzdálenost křídla zaparkovaného letadla a letadla pohybuujícího se na pojezdové dráze nebo na odbavovací pojezdové dráze nesmí být menší, než je uvedeno v Tab. 5.9.3.1: [4]

Kódové písmeno	Vzdálenost mezi křídly
A	7,25 m
B	7,25 m
C	5 m
D	10 m
E	10,5 m
F	13 m
G	13 m

Tab. 5.9.3.1 Minimální vzdálenost mezi křídly dvou letadel [4]

5.10 Plochy pro odmrazování a protinámrazové ošetření

Na letištích, kde se předpokládá výskyt námrazových jevů, musí být zřízena zařízení pro odmrazování a protinámrazové ošetření pro letouny. [2]



*Obr. 5.10.1 Plocha pro odmrazování a protinámrazové ošetření
Letiště Pardubice [33]*

5.10.1 Umístění zařízení

Zařízení pro odmrazování a protinámrazové ošetření musí být zřízena na stáních letadel nebo na odlehlých plochách podél pojezdových drah vedoucích na RWY určenou pro vzlet za předpokladu, že je zabezpečeno přiměřené odvodnění na zachycení a bezpečné odstranění přebytečných kapalin pro odmrazování a protinámrazové ošetření, aby byla vyloučena kontaminace podzemních vod.

Umístění zařízení na odlehlé ploše musí být takové, aby nezasahovala do překážkových rovin a ploch, nezpůsobovala rušení radionavigačních prostředků a byla přímo viditelná z řídicí věže, aby bylo možno vydat povolení ošetřovanému letounu.

Musí být zabezpečen plynulý tok leteckého provozu, s možností vyhýbání se letounů bez toho, že by zajíždění a vyjíždění z tohoto zařízení vyžadovalo neobvyklé manévrování při pojíždění. [2]

5.10.2 Velikost a počet ploch

Plocha pro odmrazování a protinámrazové ošetření se skládá z vnitřního prostoru pro parkování ošetřovaného letounu a vnějšího prostoru pro pohyb dvou nebo více mobilních zařízení pro odmrazování a protinámrazové ošetření.

Velikost plochy musí být taková, jaká je potřeba pro kritický letoun dané kategorie s volným prostorem nejméně 3,8 m v okolí letounu pro pohyb odmrazovacích a protinámrazových ošetření.

Počet ploch pro odmrazování a protinámrazové ošetření musí být stanoven na základě:

- meteorologických podmínek
- typu ošetřovaných letounů
- metody aplikace kapaliny pro odmrazování a protinámrazové ošetření
- typu a kapacity aplikačního zařízení
- velikosti toku odlétajících letounů [2]

5.10.3 Sklony ploch

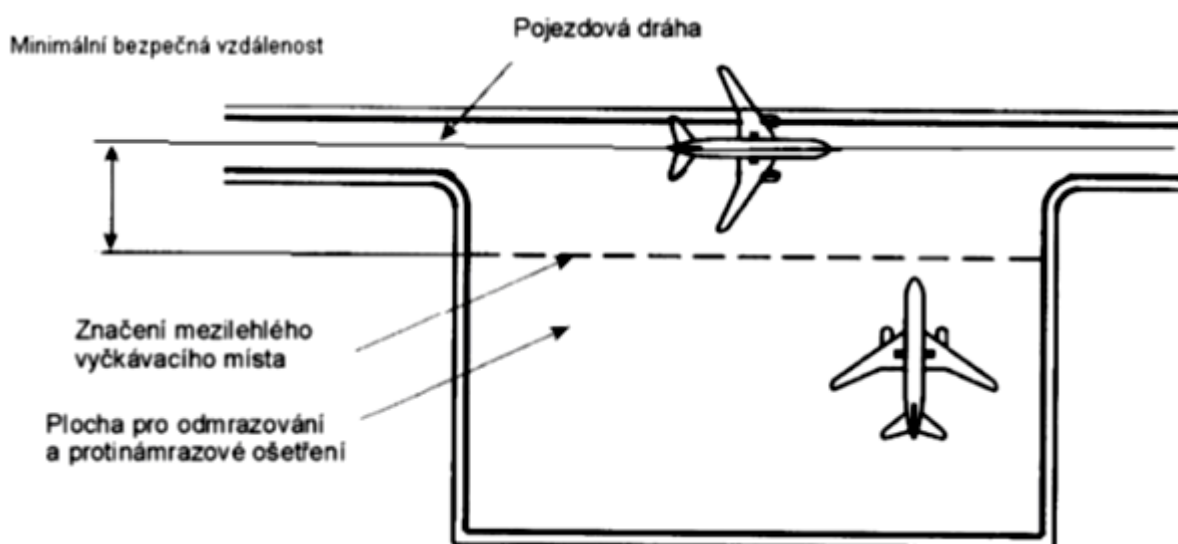
Musí mít vhodné sklony, aby byl zabezpečen dostatečný odtok z plochy a umožněno zachycování veškeré přebytečné kapaliny pro odmrazování a protinámrazové ošetření odtékající z letounu. Maximální podélný sklon musí být co nejmenší a příčný sklon nesmí přesáhnout 1,0 %. [2]

5.10.4 Únosnost ploch

Musí odpovídat provozu letadel, pro které jsou určeny. Musí se zohlednit, že plocha pro odmrazování a protinámrazové ošetření (podobně jako odbavovací plocha) bude vystavena vyšší hustotě provozu a pomalu pojíždějících nebo stojících letadel i většímu zatížení než RWY. [2]

5.10.5 Vzdálenost na ploše

Zajištěny minimální vzdálenosti pro stání letadel, jež jsou uvedeny v Tab. 5.8.4.1 musí být zajištěny i pro plochy pro odmrazování a protinámrazové ošetření. [2]

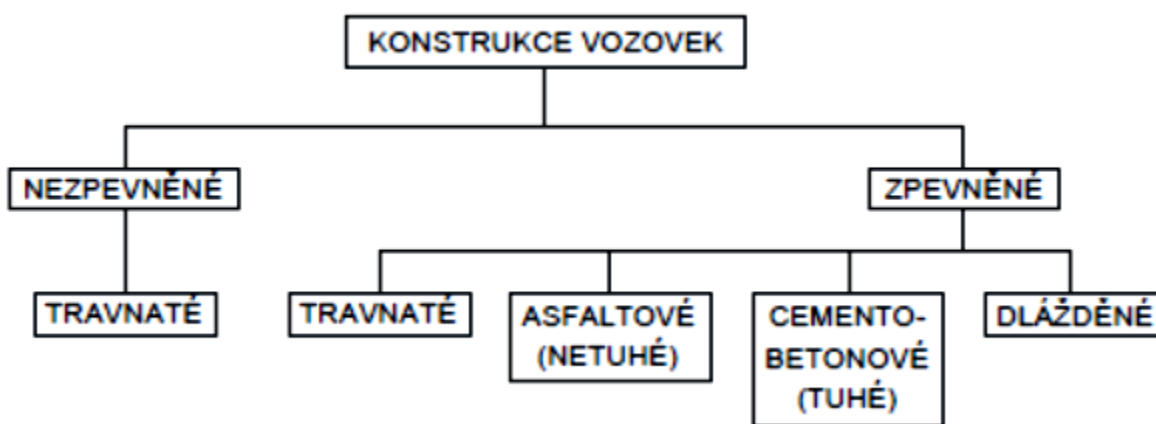


Obr. 5.10.5.1 Minimální bezpečné vzdálenosti na plochách pro odmrazování a protinámrazové ošetření [2]

6 KONSTRUKCE LETIŠTNÍCH VOZOVEK

Výběr konstrukčního typu vozovky závisí na mnoha faktorech. Mezi ty důležité patří:

- typ letadla z hlediska maximálního zatížení, pro které je dané letiště určeno
- dostupnost a cena zásobování, materiálů a práce
- geologické podmínky
- klimatické podmínky [6]



Obr. 6.1 Rozdělení konstrukcí vozovek [6]

6.1 Travnaté vozovky

Nezpevněné travnaté vozovky mohou být využívány na území ČR celoročně. Vyhovují ale pouze jenom pro letadla o vzletové hmotnosti do 2000 kg. Pro výstavbu travnaté vozovky máme jisté podmínky, které musí povrch splňovat. Jedná se o dobré drenážní schopnosti zeminy v podloží. Povrch musí tvořit koberec z letištní travní směsi. Musíme zvolit jednotlivé druhy trav, aby byl kořenový systém dostatečně hustý a povrch zpevňoval. Maximální délka trávy je stanovena na 35 cm.

Většina použitých druhů trav je kratšího vzrůstu a nevyžadují časté sečení. Problematický je správný vodní režim zejména na jaře a na podzim po delších deštích, kdy je povrch podmáčen a má menší únosnost. Využití vozovek v tento moment je omezen pro obchodní dopravu. Po dlouhých deštích je někdy povrch zničen natolik, že se musí opravit. [6]

6.2 Asfaltové vozovky (netuhé)

Asfaltové vozovky se na letištích nepoužívají tak často jako cementobetonové vozovky, protože jejich povrch je méně odolný vůči výfukovým plynům a chemickým účinkům pohonných hmot, tedy tryskového paliva. Nedosahují takové únosnosti jako cementobetonové vozovky.

Charakteristickým prvkem jsou konstrukční vrstvy, včetně horní obrusné vrstvy, která přebírá menší část zatížení než je to u cementobetonových vozovek. Pro výslednou únosnost vozovky má význam celková tloušťka všech konstrukčních vrstev a únosnost podloží. [6]

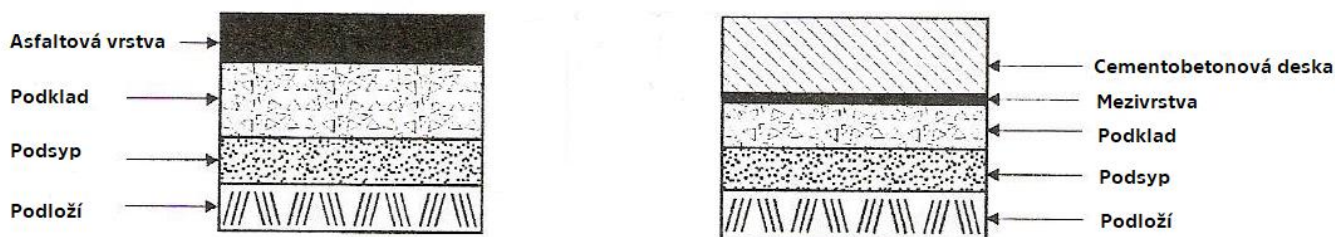
6.3 Cementobetonové vozovky (tuhé)

Neboli CMB vozovky/kryt. Horní vrstvu tvoří cementobetonová deska, která leží na polopružném podkladu. Tuhost cementobetonové směsi závisí na kvalitě směsi. Podloží tvoří upravená zemní pláň. Únosnost pláně musí být stejnorodá a vyjadřuje se modulem reakce podloží „k“ v MN/m³.

Postup: V průběhu provádění stavby je nutné chránit upravené podloží před rozmáčením. Na něj se rozprostře vrstva čistého štěrkopísku s funkcí drenáže. Poté se zpravidla podkládá několik podkladních vrstev hlinité stabilizace takové zrnitosti, aby při její optimální vlhkosti po uválcování vznikla zpevněná vrstva, nebo cementobetonová stabilizace (štěrkopísek s jemnými frakcemi s přímísením 8-10 % cementu), nebo se použije kombinace těchto stabilizací. Cementobetonová deska je obvykle vyráběná z prostého betonu v tloušťce 300 – 400 mm. Tloušťka desky je omezena možnostmi rovnoměrného a dokonalého zhutnění betonové směsi a také tím, že s rostoucí tloušťkou desky roste velikost vnitřního pnutí v důsledku rozdílné teploty mezi horní a spodní částí desky. Teplotní spád je 0,5 °C na 10 mm. Ve skutečnosti dochází ke značně vyšším teplotním rozdílům ve vrchní části desky do hloubky asi 30 mm.

Různé rozšíření desky v horní či spodní části v důsledku kolísání teploty vede k deformaci cementobetonové desky do konvexního nebo konkávního tvaru. Tyto vnitřní síly snižují únosnost desky a proto je potřeba na ně při návrhu myslet.

Pro zabránění vzniku nepravidelných trhlin v důsledku dilatace betonu při různých vnějších teplotách, je cementobetonový pás rozdělen na smršťovací (kontrakční) a dilatační spáry do jednotlivých desek. Smršťovací a dilatační spáry musí být dokonale utěsněny a vyplněny záливkovou hmotou. Ta musí splňovat takové vlastnosti, aby se v zimě nestávala křehkou, v létě tekutou, a aby došlo k dokonalému přilnutí k okrajům spáry. [6]



Obr. 6.3.1 Orientační schéma konstrukce tuhé a netuhé vozovky [5]

6.4 Výhody/nevýhody asfaltové a cementobetonové vozovky

- Statické hledisko

Asfaltová vozovka - méně odolává úkapům a smykovým napětím

CMB vozovka – dobře přejímá svislé tlaky, smykové síly, odolává dlouhodobým zatížením a úkapům pohonných hmot

- Cena

CMB vozovka má vyšší pořizovací cenu než asfaltová vozovka, snažíme se navrhnout optimální konstrukci vozovky, předimenzovaná vozovka je drahá a poddimenzovaná vozovka špatná, potřebujeme levou bez poruch

- Životnost

CMB vozovka má větší životnost.

- Požadavky údržby

Asfaltová vozovka má větší náklady na údržbu.

- Požadavky provozu

Při rekonstrukcích na letišti je většinou možné zachování provozu jen při použití asfaltové technologie.

- Hořlavost

Asfalt hoří, beton je ale také citlivý na vysoké teploty.

- Rekonstruovatelnost

U asfaltové vozovky stačí v některých případech vyměnit pouze obrusnou vrstvu, u CMB vozovek se musí vybourat celá deska.

- Výroba, výstavba

U asfaltových vozovek jednodušší výroba a výstavba především tam, kde je předpokládán provoz pouze lehkých a středně těžkých letadel, kde nejsou v blízkosti zdroje kameniva vhodné pro výrobu betonu a také tam, kde je dostatečné únosné podloží

- Povrch

Asfaltové vozovky mají rovnější povrch beze spar.

- Místní geologické podmínky

Vlastnosti podloží ovlivňují přímo návrh konstrukce vozovky a tím i její cenu, proto se musí zvážit, zda je třeba podloží zlepšovat či nikoli. [7]

7 ÚNOSNOST LETIŠTNÍCH VOZOVEK

Únosnost RWY, pojezdových drah a odbavovacích ploch musí vyhovovat nejvyššímu zatížení vyvozovanému tzv. kritickým letadlem, jehož provoz lze na letišti očekávat. Zatížení, kterým letadlo působí na vozovku, závisí na jeho celkové hmotnosti, počtu kol na hlavních nohách podvozku, prostorovém uspořádání kol v podvozku i na huštění pneumatik. [6]

7.1 Zatěžování vozovek

Zatížení letadla na povrch letištní vozovky se přenáší obvykle dvěma hlavními podvozkovými nohama a předním nosovým kolem. Přední nosové kolo přenáší přibližně 10 % celkového zatížení a na hlavní podvozkové nohy pak připadá přibližně 45 %.

Velikost rozhodujícího zatížení vozovky, které je vyvoláno hlavní podvozkovou nohou, závisí na velikosti styčné plochy podvozkových kol. Z tohoto důvodu jsou hlavní podvozkové nohy větších letadel opatřeny dvěma, čtyřmi i více koly. [1]

V nejjednodušším případě má hlavní noha podvozku jen jedno kolo a velikosti zatížení se stanoví ze vzorce:

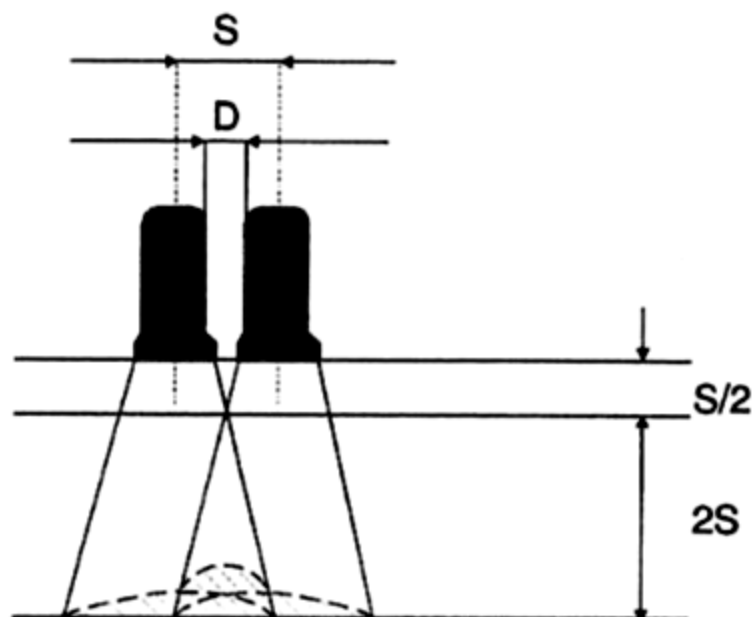
$$A = \frac{Q}{P_0}$$

A dotyková plocha pneumatiky [m^2]

Q zatížení přenášené hlavní podvozkovou nohou [N]

P₀ huštění pneumatiky p [Pa] násobené kontrakčním součinitelem pneumatiky m (v rozmezí 1,03 – 1,1), $P_0 = p \cdot m$

Má-li noha dvě, čtyři nebo více kol, pak zatížení, vyvolávaná jednotlivými koly, se částečně sčítají, respektive překrývají v závislosti na vzájemné vzdálenosti kol a na vlastnostech vozovky viz Obr. 7.1.1. Je zde také znázorněna závislost zatížení na tloušťce konstrukce vozovky. [6]



Obr. 7.1.1 Průběh zatížení na vozovce při působení dvoukolového podvozku [6]

7.2 Systém ESIWL (Ekvivalent Single Isolated Wheel Load)

Účinek vícekolového podvozku se vyjadřoval ekvivalentním zatížením. Ekvivalentním zatížením se rozumí takové zatížení přenášené na vozovku jednokolovým podvozkem, které vyvolá ve vozovce totéž napětí nebo deformace jako skutečné zatížení přenášené podvozkem s více koly. V obou případech se předpokládá stejný tlak huštění pneumatik.

Lze říci, že velikost ekvivalentního zatížení je závislá na vzdálenosti podvozkových kol a také na druhu konstrukce vozovky, tj. konstrukce tuhá nebo netuhá. U tuhých vozovek se jedná o poloměr relativní tuhosti „I“ a u netuhých vozovek o tloušťku konstrukce netuhé vozovky „h“. [1]

$$I = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)K}}$$

- E modul pružnosti betonu [N/m²]
- h tloušťka betonové desky [m]
- ν Poissonovo číslo (0,15) [-]
- k modul reakce podloží [MN/m³] [7]

7.3 Systém LCN (Load Classification Number)

Klasifikační systém LCN v podstatě nahradil hodnoty ESIWL a huštění pneumatik bezrozměrnými klasifikačními čísly, stanovenými pro danou konstrukci letištní plochy buď výpočtem anebo na základě zatěžovacích zkoušek.

Mezi velikostí zatížení vozovek a mezi velikostí plochy, kterou se toto zatížení potřebné k poškození vozovky přenáší na její povrch, existuje závislost, kterou lze vyjádřit rovnicí:

$$W_1/W_2 = (A_1/A_2)^{0,44}$$

- W_1 mezní zatížení vozovky odpovídající zatěžovací ploše A_1
- W_2 mezní zatížení vozovky odpovídající zatěžovací ploše A_2

Za mezní zatížení předpokládáme takové zatížení, které vyvolá u tuhých vozovek vznik poruch a u netuhých je to ono zatížení, při kterém začne narůstat deformace, aniž by se současně zvyšoval tlak na zatěžovací desku.

Klasifikační čísla LCN letadel jsou v tomto systému uváděná zpravidla pro různé hodnoty poloměru relativní tuhosti desky pro tuhé konstrukce, anebo pro různé tloušťky netuhé konstrukce vozovek a proto je možné zjistit příslušné číslo LCN pro hodnoty odpovídající určité konstrukci plochy a vzájemným porovnáním klasifikačních čísel vozovky a letadla zjistit, zda je možné připustit provoz konkrétního letadla na uvažované ploše. [1]

7.4 Systém ACN/PCN

Podle předpisu L14 Letiště musí být únosnost vozovky určená pro letadla o vzletové hmotnosti větší než 5700 kg vyjádřena metodou klasifikačního čísla letadla a klasifikačního čísla vozovky ACN/PCN (Aircraft Classification Number/Pavement Classification Number).

ACN je číslo, které vyjadřuje poměrný účinek letadla na vozovku pro standartní kategorii únosnosti podloží. PCN je číslo, které vyjadřuje únosnost vozovky pro provoz bez omezení. Používá se ke stanovení, zda určité letadlo může přistát na daném letišti. Nepoužívá se pro navrhování vozovky (ale doporučuje se zkontrolovat během fáze návrhu). [1][2]

Tento systém vyžaduje, aby byly zveřejněny následující informace:

- klasifikační číslo vozovky PCN
- typ vozovky pro stanovení ACN/PCN
- klasifikace podloží
- maximální huštění pneumatik
- způsob hodnocení [2]

Zveřejněné klasifikační číslo vozovky PCN musí zajišťovat, že letadlo s klasifikačním číslem ACN rovným nebo menším než vyhlášené PCN může používat tuto vozovku při dodržování přípustného huštění pneumatik.

Klasifikační číslo PCN pro jednotlivé zpevněné dráhy letištní plochy se stanovuje na základě exaktní nebo empirické metody tak, aby byl splněn shora uvedený požadavek, tj. aby bylo zaručeno, že únosnost plochy vyhovuje pro všechna navržená letadla, jejichž ACN není větší než PCN.

Klasifikační čísla letadel je možno stanovit pro každý typ letadla na základě výpočtů, např. pomocí programu COMFAA 3.0. Klasifikační čísla letadla

ACN je nutno stanovit pro maximální vzletovou hmotnost i pro hmotnost prázdného letadla a to jak pro tuhé konstrukce vozovek, tak i pro netuhé konstrukce vozovek. [1]

Působení vícekolových podvozků na konstrukci vozovky není možné stanovit pouze jedním parametrem, a proto se v systému ACN/PCN klasifikační číslo doplňuje dalšími údaji, viz následující Tab. 7.4.1.:

Typ vozovky:	Kód
Tuhá vozovka	R
Netuhá vozovka	F
Únosnost podloží:	
Vysoká únosnost:	A
pro tuhou vozovku $k = 150 \text{ MN/m}^3$ a každé hodnoty $> 120 \text{ MN/m}^3$	
Pro netuhou vozovku $\text{CBR} = 15\%$ a každé hodnoty $\text{CBR} > 13\%$	
Střední únosnost:	B
Pro tuhou vozovku $k = 80 \text{ MN/m}^3$ a hodnoty $60 < k < 120 \text{ MN/m}^3$	
Pro netuhou vozovku $\text{CBR} = 10\%$ a hodnoty $8\% < \text{CBR} < 13\%$	
Nízká únosnost:	C
Pro tuhou vozovku $k = 40 \text{ MN/m}^3$ a hodnoty $25 < k < 60 \text{ MN/m}^3$	
Pro netuhou vozovku $\text{CBR} = 6\%$ a hodnoty $4\% < \text{CBR} < 8\%$	
Velmi nízká únosnost:	D
Pro tuhou vozovku $k = 20 \text{ MN/m}^3$ a každé hodnoty $k < 25 \text{ MN/m}^3$	
Pro netuhou vozovku $\text{CBR} = 3\%$ a každé hodnoty $\text{CBR} < 4\%$	
Maximální přípustné huštění pneumatiky:	
Neomezená – huštění bez omezení	W
Vysoká – huštění je omezeno tlakem 1,75 MPa	X
Střední – huštění je omezeno tlakem 1,25 MPa	Y
Nízká – huštění je omezeno tlakem 0,50 Mpa	Z

Metoda hodnocení:	
Technické hodnocení na základě speciální studie charakteristik vozovky a aplikace teorie jejího chování	T
Hodnocení podle zkušenosti, podle poznatků o dostatečné únosnosti pro určité typy a hmotnosti pravidelně používaných letadel	U

Tab. 7.4.1 Informace o typu vozovky pro určení ACN/PCN [2]

Například, že únosnost vozovky je stanovena: PCN 80 / R / B / W / T, pak na základě kódů je zřejmé, že se jedná o vozovku tuhou se střední únosností podloží, jejíž únosnost byla stanovena technickým hodnocením při neomezeném tlaku huštění pneumatik.

Únosnost vozovek určených pro provoz letadel s maximální hmotností 5700 kg nebo nižší se vyhlašuje zveřejněním následujících informací:

- maximální přípustná hmotnost letadla
- maximální přípustné huštění pneumatik [2]

Určení hodnoty ACN závisí jak na parametrech letadel, tak na parametrech vozovky:

- Parametry letadel - hmotnost letadla
- huštění pneumatik
- typ podvozku

- Parametry vozovky - kategorie podloží
- typ vozovky

Klasifikační číslo letadla se stanovuje na základě výpočtů pro každý typ letadla, a to jak pro maximální letovou hmotnost, tak pro hmotnost prázdného letadla. Dále pro tuhé i netuhé konstrukce vozovek a pro jejich 4 úrovně podloží. Do výpočtů se také uvažuje kritická poloha těžiště letounu. [5]

Kategorie pevnosti podloží	Únosnost podloží - hodnota k	Kódové značení
Vysoká	$k = 150 \text{ MN/m}^3$; $k > 120 \text{ MN/m}^3$	A
Střední	$k = 80 \text{ MN/m}^3$; $60 < k < 120 \text{ MN/m}^3$	B
Nízká	$k = 40 \text{ MN/m}^3$; $25 < k < 60 \text{ MN/m}^3$	C
Velmi nízká	$k = 20 \text{ MN/m}^3$; $k < 25 \text{ MN/m}^3$	D

Tab. 7.4.2 Hodnoty pevnosti podloží pro tuhé vozovky [5]

Kategorie pevnosti podloží	Únosnost podloží - hodnota CBR ¹⁾	Kódové značení
Vysoká	CBR = 15 %; CBR > 13 %	A
Střední	CBR = 10 %; $8 < \text{CBR} < 13 \%$	B
Nízká	CBR = 6 %; $4 < \text{CBR} < 8 \%$	C
Velmi nízká	CBR = 3 %; CBR > 4 %	D

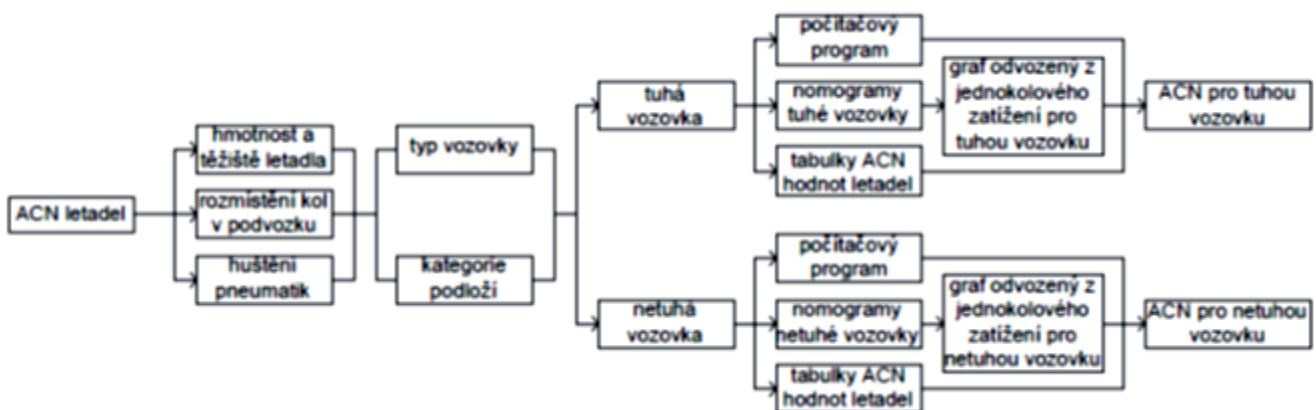
Tab. 7.4.3 Hodnoty pevnosti podloží pro netuhé vozovky [5]

¹⁾ CBR = Kalifornský poměr únosnosti

Tlak pneumatik:

- vysoký – bez omezení tlaku
- střední – tlak maximálně 1,5 Mpa
- nízký – tlak maximálně 1,0 Mpa
- velmi nízký – tlak maximálně 0,5 Mpa [5]

ACN pro konkrétní letadlo se dá zjistit z následujících metod:



Obr. 7.4.4 Způsoby jakými lze zjistit hodnoty ACN [5]

Program COMFAA 3.0

Jeden z možných programů pro zpevněné plochy letišť, s jehož pomocí je možné počítat ACN, PCN, tloušťku konstrukce, životnost dle rozsahu poruch pro uvedenou tloušťku vozovky, vnitřní namáhání a maximální namáhání. Program je schopný počítat tyto hodnoty jak pro tuhé, tak i netuhé vozovky. [7]

8 SKLADBA KONSTRUKCE VOZOVEK NA LETIŠTÍCH

Rád bych poděkoval Ing. Tomáši Čulíkovi za poskytnuté podklady vzorových příčných řezů a za vstřícné jednání.

8.1 Letiště Václava Havla Praha – Praha/Ruzyně

Veřejné mezinárodní letiště, největší a nejvytíženější letiště v České republice. Jeho kódové označení je 4E. Letiště je určeno pro mezinárodní i vnitrostátní, pravidelný i nepravidelný letecký provoz. V roce 2018 dosahoval počet odbavených cestujících 16 797 006 při 155 000 vzletech/přistání letadel. Letiště je plně vybaveno pro lety za viditelnosti (VFR) i podle přístrojů (IFR) a umožňuje nepřetržitý provoz ve dne i v noci.

Dráhový systém sestává ze tří vzletových a přistávacích drah (VPD), z nichž jedna 04/22 je trvale pro vzlety a přistání uzavřena, používá se jako pojezdová dráha a pro parkování velkých letadel. Největší událostí na letišti bude plánovaná budoucí realizace paralelní dráhy 06L/24L.

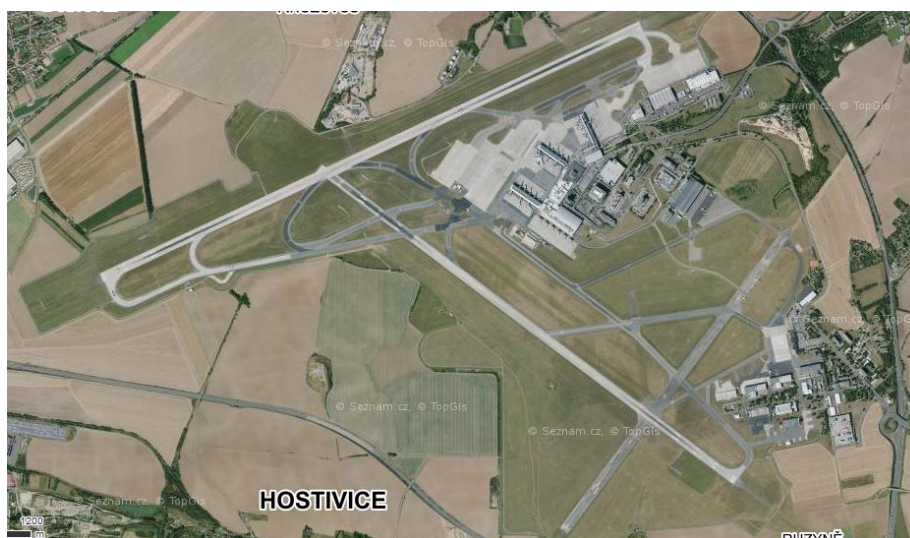
Kód IATA: PRG

Kód ICAO: LKPR

RWY 06/24 – 3715x45 m, beton, PCN 75R/B/W/T

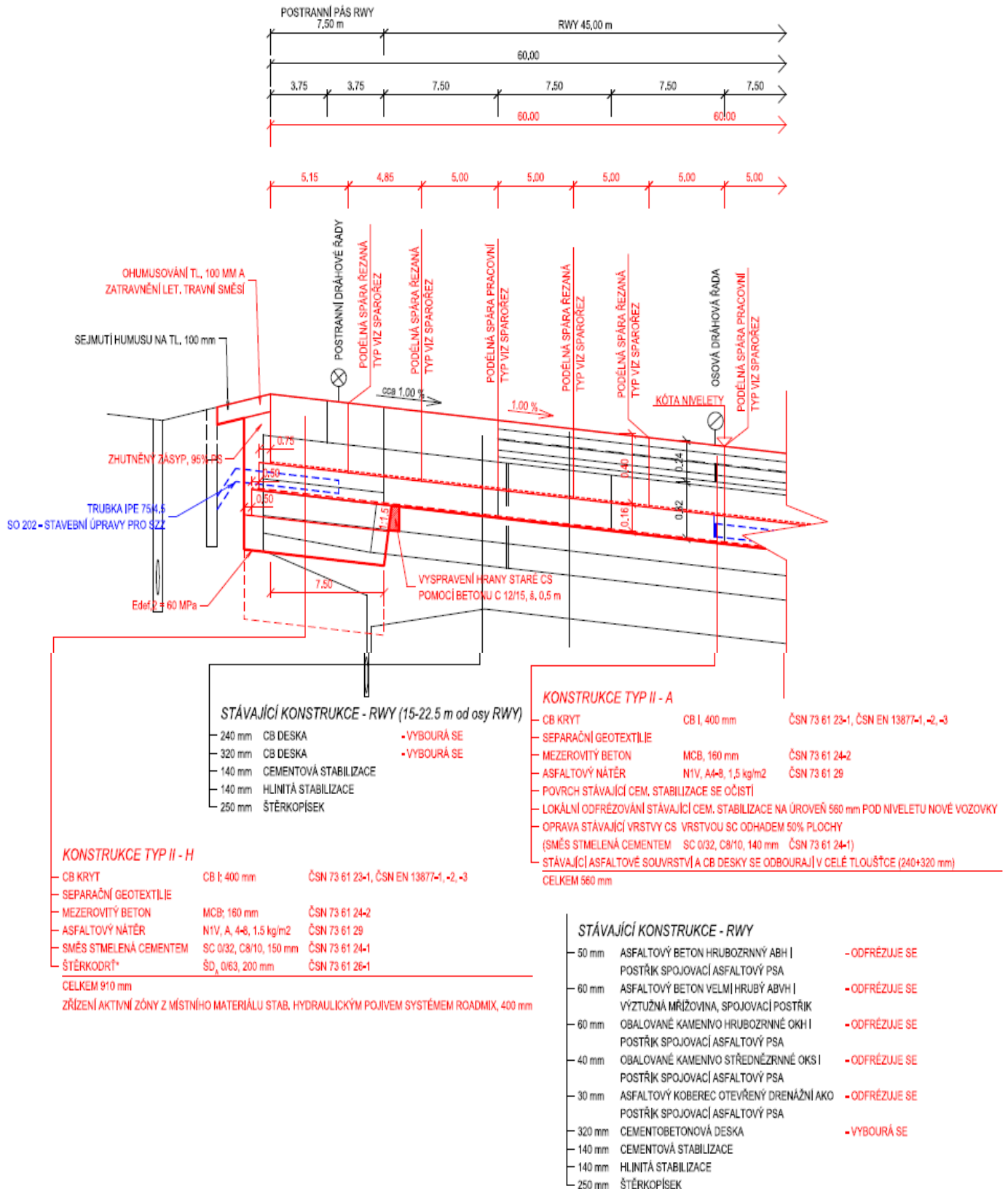
RWY 12/30 – 3250x45 m, beton, PCN 62/R/B/X/T

RWY 04/22 – 2120x60 m, beton, PCN 45/F/B/X/T [19]



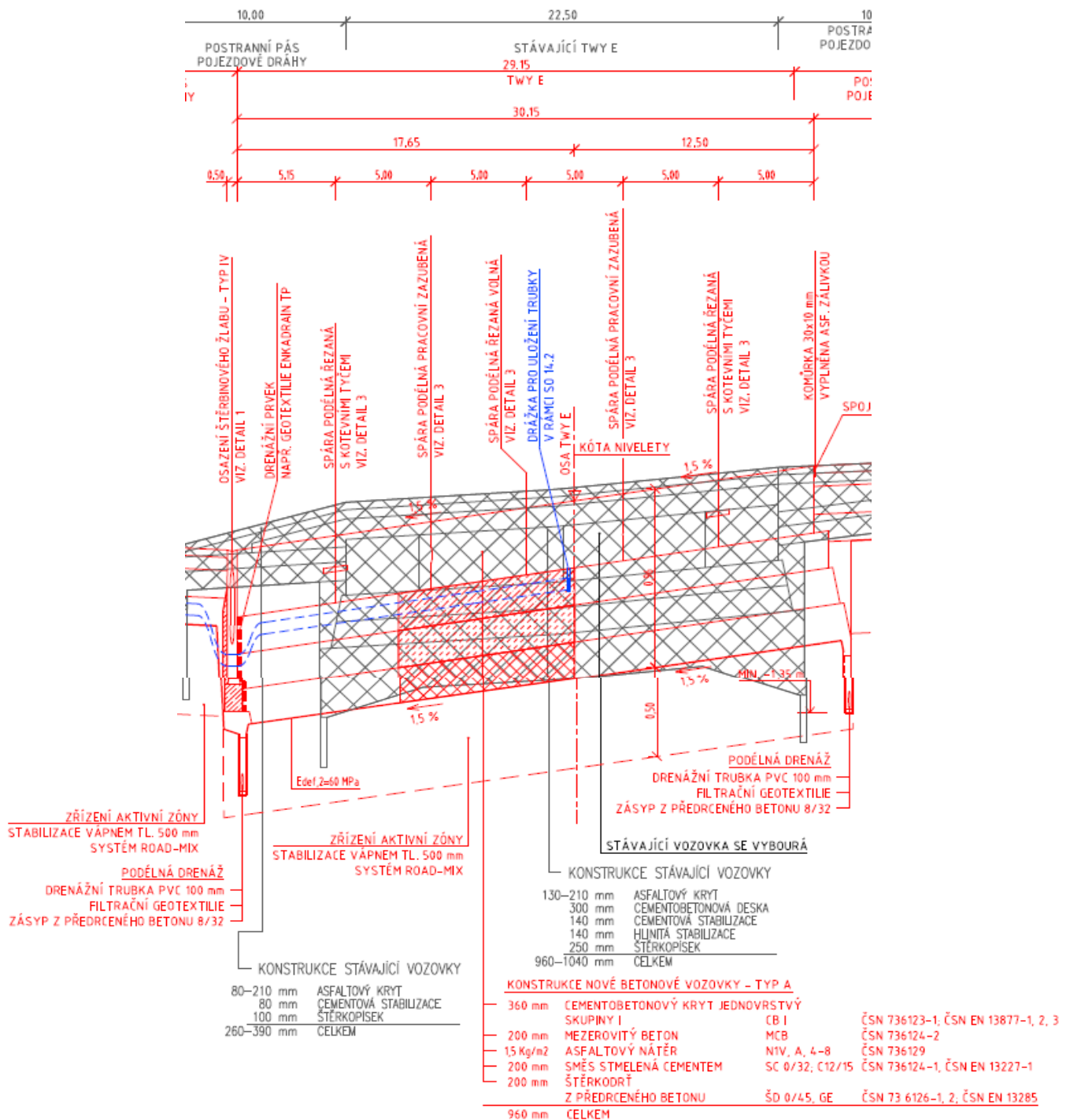
Obr. 8.1.1 Ortofotomapa letiště Václava Havla Praha [26]

8.1.1 Skladba konstrukce vozovky – vzorový příčný řez RWY 06/24



Obr. 8.1.1.1 Vzorový příčný řez RWY 06/24 [29]

8.1.2 Skladba konstrukce vozovky – vzorový příčný řez TWY E



Obr. 8.1.2.1 Vzorový příčný řez TWY E [29]

8.2 Letiště Karlovy Vary

Veřejné mezinárodní letiště, čtvrté nejvytíženější letiště v České republice, kódové označení 4C. Letiště je určeno pro mezinárodní i vnitrostátní, pravidelný i nepravidelný provoz. V roce 2018 dosahoval počet odbavených cestujících 45 003. Provoz na letišti je nepřetržitý a letiště je použitelné pouze pro letadla vybavená radiostanicí pro spojení letadlo-země.

Dráhový systém se skládá z jedné asfaltobetonové a jedné travnaté dráhy.

Kód IATA: KLV

Kód ICAO: LKKV

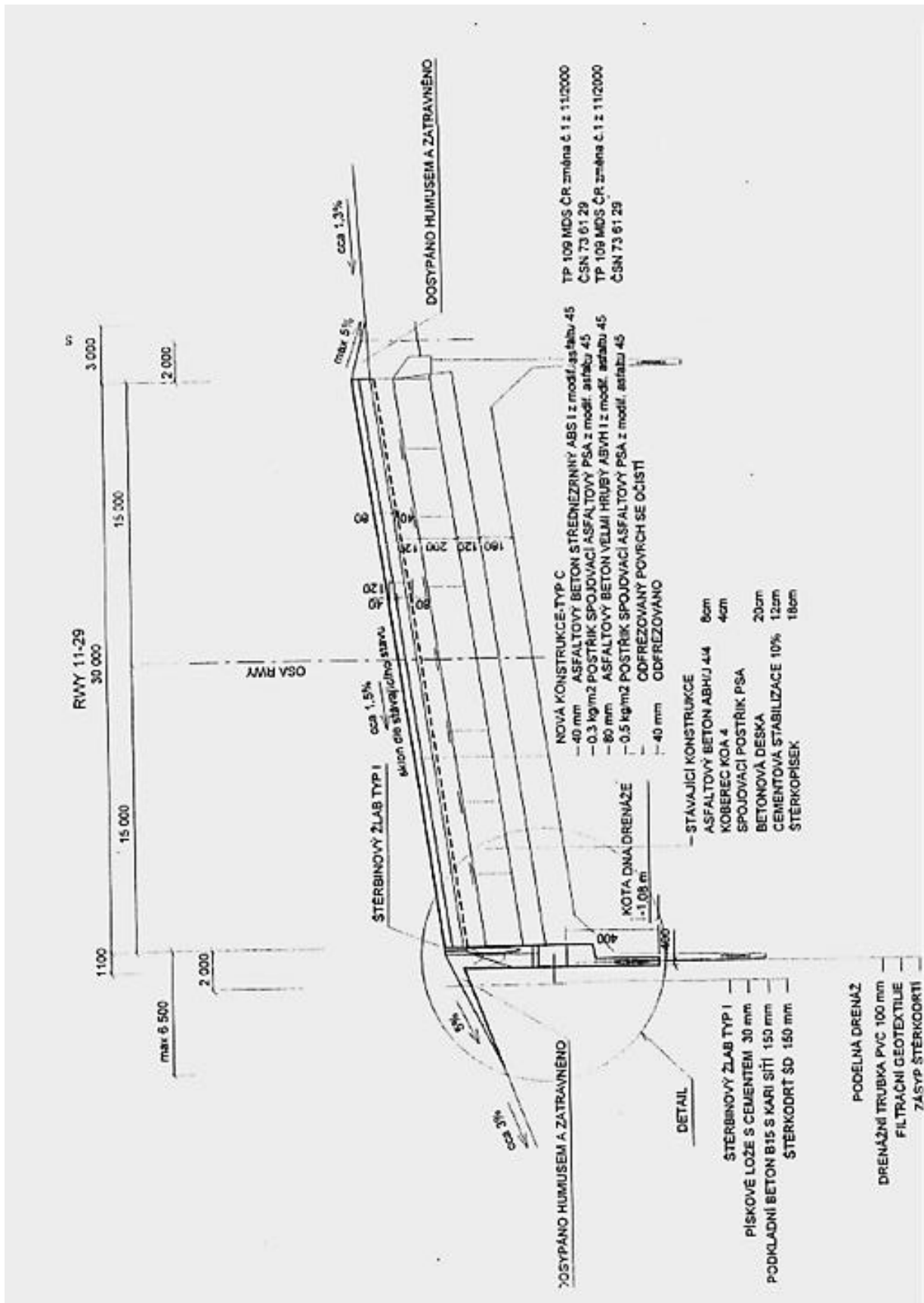
RWY 11/29 – 2150x30 m, asfalt/beton, PCN 54/F/A/X/T

RWY 12/30 - 1000x30 m, tráva [25]



Obr. 8.2.1 Ortofotomapa letiště Karlovy Vary [26]

8.2.1 Skladba konstrukce vozovky – vzorový příčný řez RWY 11/29



Obr. 8.2.1.1 Vzorový příčný řez RWY 11/29 [29]

8.3 Letiště Sliach

V 90. letech se letiště v obci Sliach na středním Slovensku spolu s ostatními veřejnými slovenskými letišti vyčlenilo z Československých aerolinií, což znamenalo, že 1.1.1991 se stalo součástí nově vzniklé příspěvkové organizace Slovenská správa letišť. Ještě v tomto roce letiště obdrželo status veřejného mezinárodního letiště. Od roku 2005 se letiště stalo akciovou společností, kde je 100% vlastníkem Slovenská republika.

Kód IATA: SLD

Kód ICAO: LZSL

RWY 18/36 – 2400x60 m, beton [30]



Obr. 8.3.1 Ortofotomapa letiště Sliach [26]

8.4 Letiště České Budějovice

Veřejné vnitrostátní a neveřejné mezinárodní letiště. Kódové označení 4C. Držitelem licence pro neveřejný mezinárodní provoz. Umožňuje přijímat a odbavovat středně velká letadla do rozpětí křídel 36 m. Kvůli chybějícímu vybavení tu zatím nelze přijímat lety za zhoršeného počasí a letadla tu mohou přistávat pouze ve dne a za dobré viditelnosti (VFR).

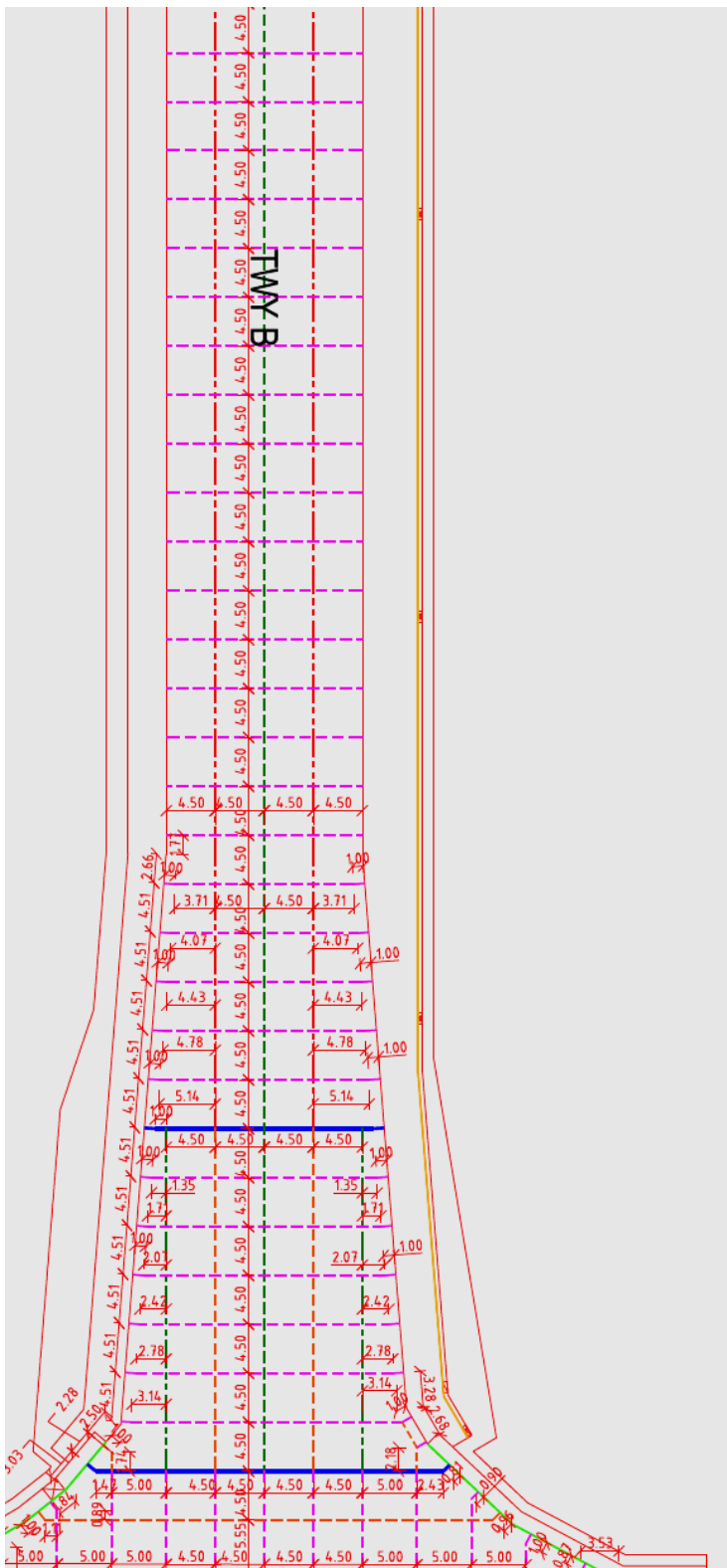
Kód ICAO: LKCS

RWY 09/27 – 2500 x 45 m, beton, PCN 32/R/B/W/T [31]



Obr. 8.4.1 Ortofotomapa letiště České Budějovice [26]

8.4.2 Spárořez TWY B



Obr. 8.4.2.1 Spárořez TWY B [29]

8.5 Letiště Praha - Kbely

Jedná se o vojenské neveřejné letiště umístěné v severovýchodní části Prahy na jihu Kbel. Od července 1994 bylo letiště sídlem 6. základny dopravního letectva. V současné době je na něm umístěna 24. základna dopravního letectva, pod kterou spadá i letka ministerstva obrany, která zabezpečuje přepravu ústavních činitelů.

Kód ICAO: LKKB

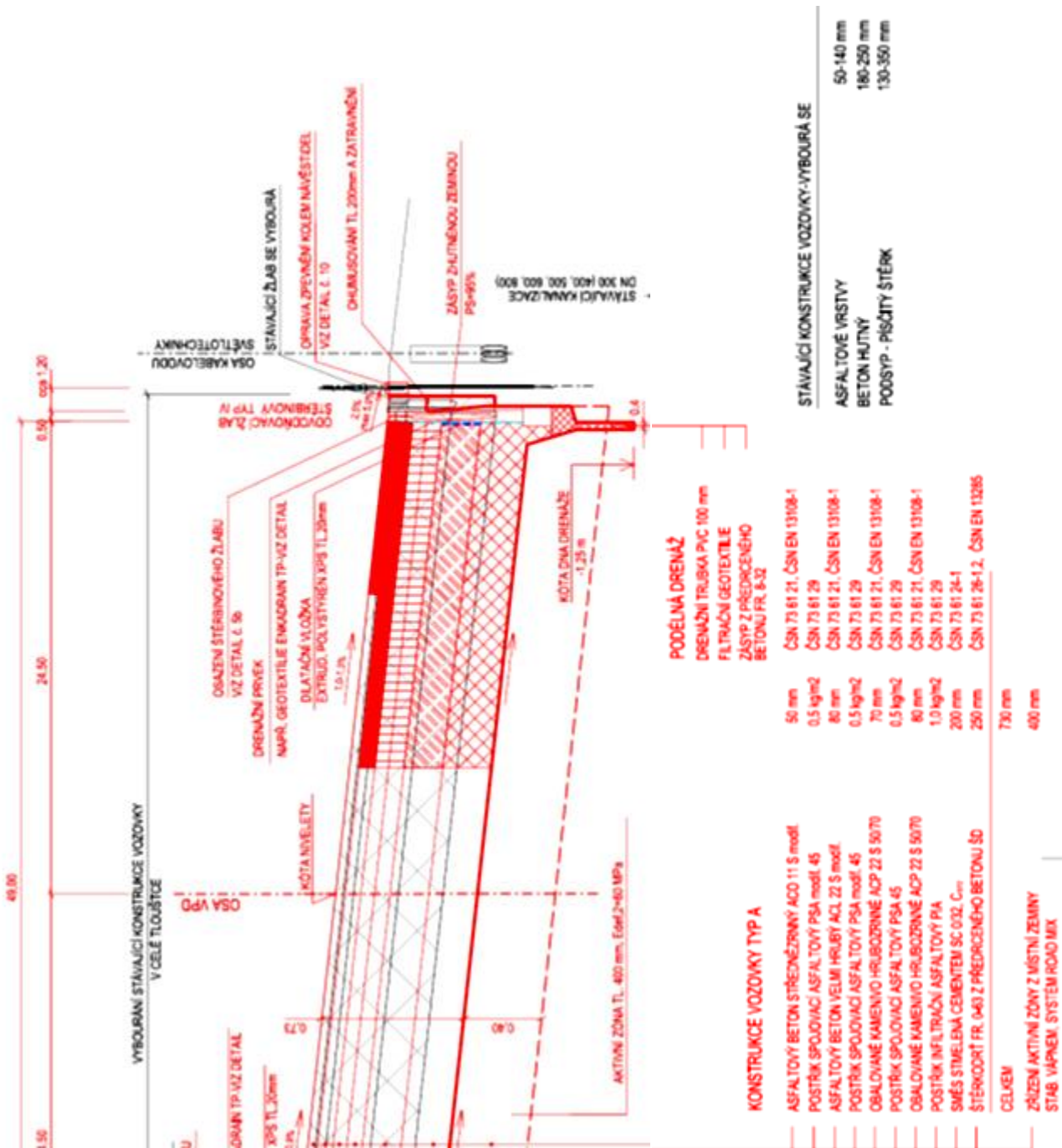
RWY 06/24 – 2080 x 50 m, beton, PCN 48/F/B/W/T[9] [32]

V Příloze [4] můžeme vidět foto z pokládky cementobetonové vozovky - TWY A.



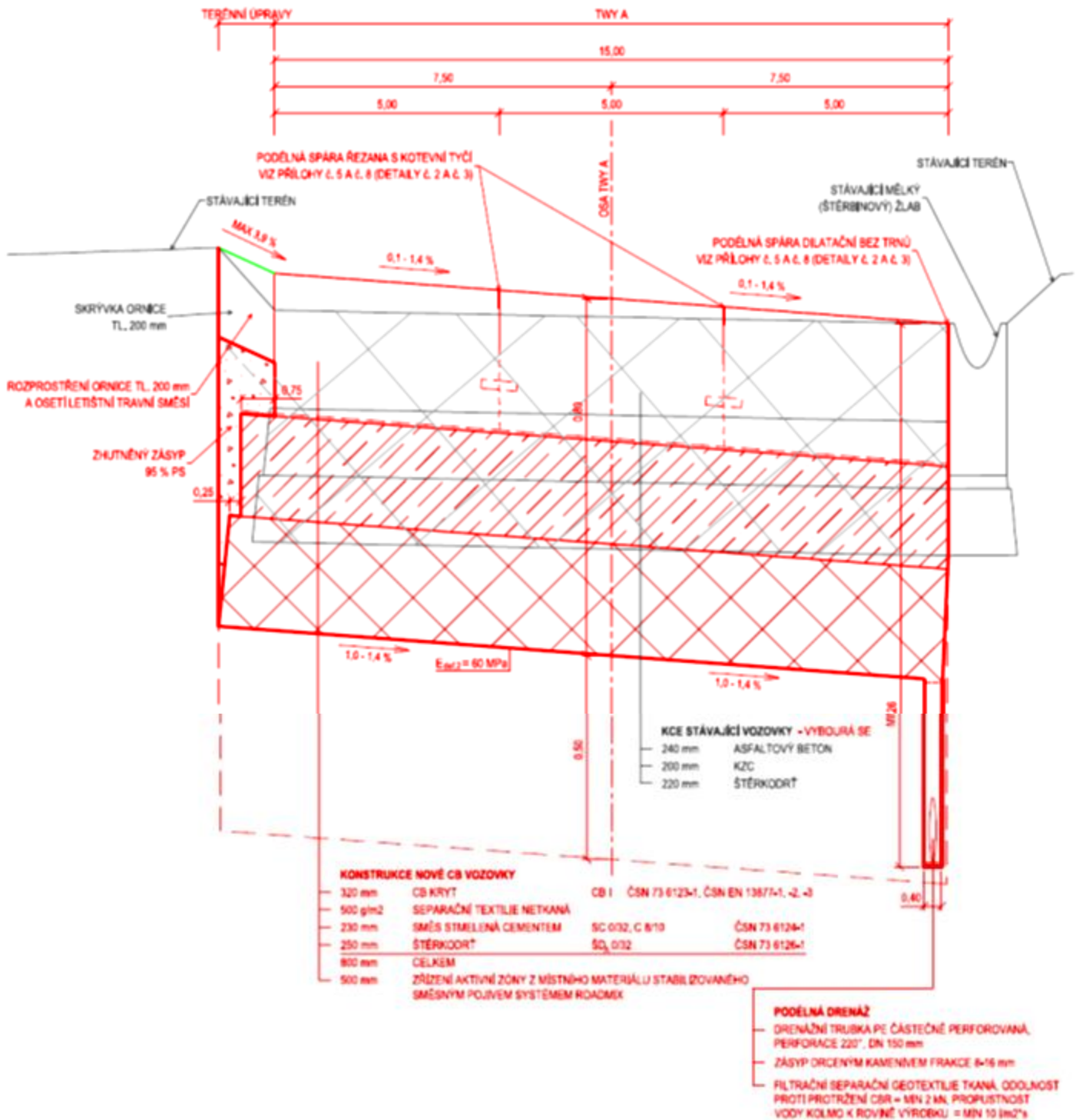
Obr. 8.5.1 Ortofotomapa letiště Praha - Kbely [26]

8.5.1 Skladba konstrukce vozovky – vzorový příčný řez RWY 06/24



Obr. 8.5.1.1 Vzorový příčný řez RWY 06/24 [29]

8.5.2 Skladba konstrukce vozovky – vzorový příčný řez TWY A



Obr. 8.5.2.1 Vzorový příčný řez TWY A [29]

Vstupní údaje – LAYMED - TP170

Vrstva č.	Materiál	Tloušťka v cm	Spolupús.
1	ACD 11S	4.00	0.000
2	ACL 16 S	8.00	0.000
3	YMT 22	14.00	0.980
4	SC C16/20	20.00	0.000
5	SD	30.00	0.000

Obr. 9.1.2 Program LAYMED – TP170 – vstupní data vozovky

Pro posouzení vozovky pomocí programu LAYMED – TP170 je třeba do výpočtu zadat základní charakteristiky posuzované vozovky. Na Obr. 9.1.2 je znázorněno okno vstupních dat. Předpokladem je alespoň základní znalost TP 170. Pro úplnost si zde zavedeme potřebné vstupní údaje pro výpočet:

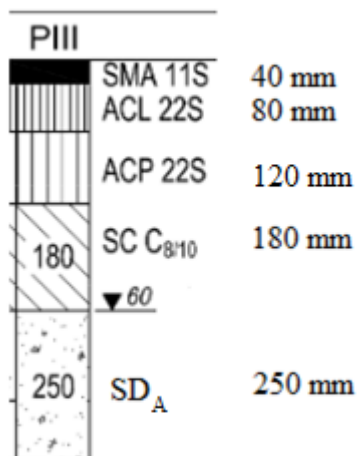
- Skladba konstrukce a vozovky:
 - počet vrstev, materiál a tloušťky vrstev
 - parametr spolupůsobení vrstev

Program pracuje s novým označením vrstev asfaltových směsí dle normy ČSN EN 13108-1 a ČSN EN 13108-5.

Ostatní vstupní údaje byly doplněny dle zjištěných informací o daném typu letadla:

- maximální vzletová hmotnost letadla v přepočtu na zatížení na jedno kolo
- počet kol, rozchod kol, vzdálenost středu kol k ose x a y
- poloměr dotykové plochy, huštění pneumatik

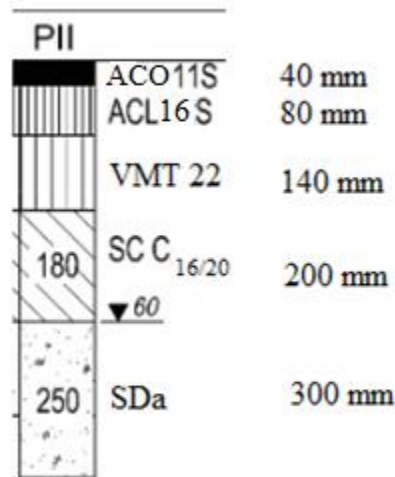
Na úvod byla navržena skladba konstrukce vozovky pomocí Dodatku TP170 (Obr. 9.1.3).



Obr. 9.1.3 Návrh I skladby konstrukce vozovky

Po vložení všech potřebných hodnot do programu LAYMED – TP170 a následném provedení výpočtu jsou zpracovány výsledky hodnocení vozovky podle kritérií TP170 (dodatek 2010), které jsou uvedeny v Příloze [6] této práce.

Tato skladba konstrukce vozovky nevyhověla limitní hodnotě, byla přibližně 54,323x poddimenzovaná. Bylo nutné provést změnu, a to buď zkusit změnit tloušťky jednotlivých vrstev, anebo zvolit novou skladbu konstrukce vozovky. Na základě zkušeností, byla zvolena nová skladba konstrukce vozovky dle Obr. 9.1.4. Následný výpočet probíhal tak dlouho, až skladba vyhověla limitní hodnotě (dle TP170). Tato hodnota je rozhodující pro správně naddimenzovanou vozovku, a aby nedocházelo k relativnímu poškození podloží. První varianta skladby konstrukce vozovky vycházela blížící se limitní hodnotě, a tak do dalších výpočtů byly provedeny jen změny v tloušťkách vrstev. Třetí varianta skladby konstrukce vozovky vyhověla optimálně, a proto nebyly zpracovány další varianty. Nedocházelo k dalšímu upravování vrstev, ani k návrhu nové skladby konstrukce vozovky. Výsledný vyhovující výsledek – varianta 2 - hodnocení vozovky podle kritérií TP170 (dodatek 2010) je součástí Přílohy [7] této práce.



Obr. 9.1.4 Návrh II – varianta 2 skladby konstrukce vozovky

Na Obr. 9.1.5 je vidět hodnocení provozní výkonnosti vozovky pro všechny tři varianty jednotlivých tloušťek materiálu – *druhý návrh*:

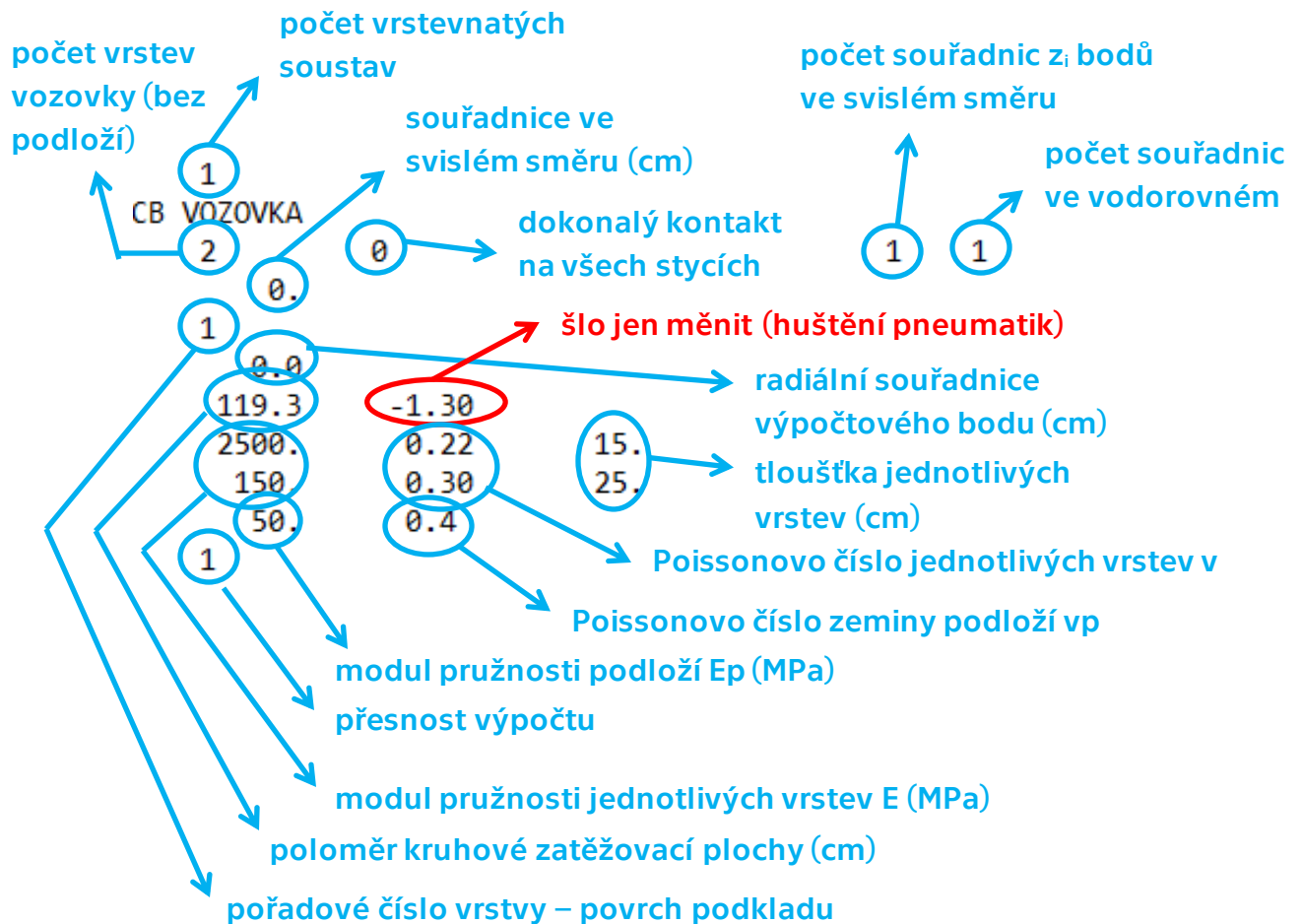
Hodnocení provozní výkonnosti netuhých vozovek					
Název vozovky		KOCI-FINAL	Upravit návrh	Ukončit řešení	
Vrst.č.	Materiál	tl. (mm)	Návrh_0	Var. 1	Var. 2
1	ACO 11S	40	0.0097	0.0207	0.0259
2	ACL 16 S	80	0.0003	0.0004	0.0005
3	VMT 22	140	0.0019	0.0052	0.0059
4	SC C16/20	200
5	SDA	300
Podl			0.2060	0.5068	0.6876
h_min / h_voz			30.0/ 83.0	30.0/ 78.0	30.0/ 76.0
Podmínky řešení	vrstvy 1,2 vrstvy 3,4 vrstvy 5,6 vrstvy 7,8		ACO11S4;ACL16S8; VMT2216;SCC16/2025; SDA30; ...	ACO11S4;ACL16S8; VMT2216;SCC16/2020; SDA30; ...	ACO11S4;ACL16S8; VMT2214;SCC16/2020; SDA30; ...
	podloží spol. U,g vr/na/lm		PII g3: 98; 2/2/ 400.0	PII g3: 98; 2/2/ 400.0	PII g3: 98; 2/2/ 400.0

Obr. 9.1.5 Hodnocení provozní výkonnosti vozovky

9.2 Návrh a posouzení tuhé (cementobetonové) vozovky

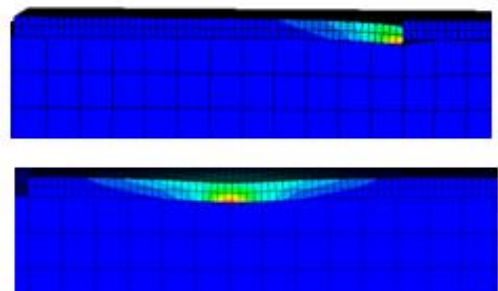
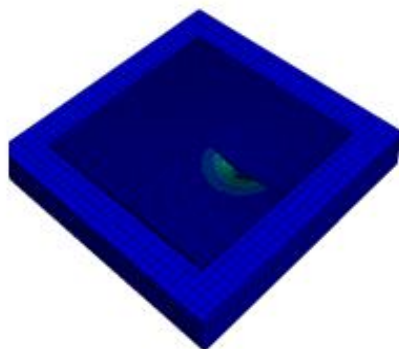
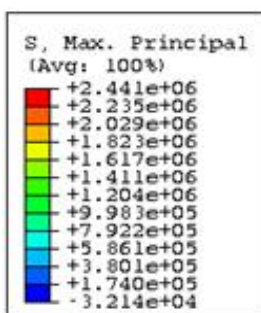
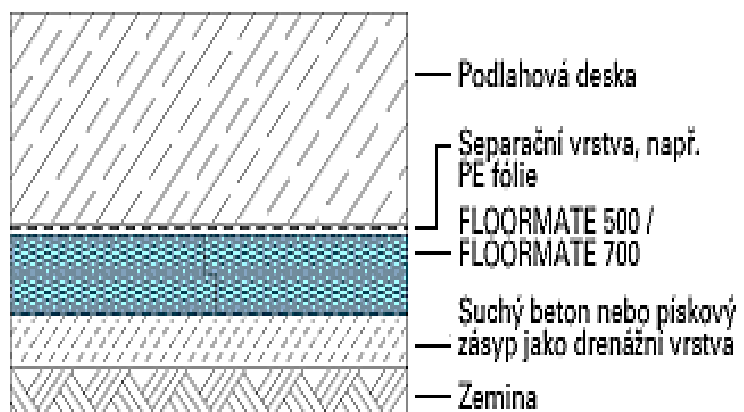
Návrh a posouzení tuhé (cementobetonové) vozovky byl proveden pomocí programu OPMEKO pro stejný typ letadla. Z hlediska, že v programu pro letištní vozovku bylo možné jen měnit údaj pro huštění pneumatik a další potřebné vstupní údaje jako maximální vzletová hmotnost letadla přepočtená na tonáž zatížení pro jedno kolo na hlavní noze podvozku a poloměr dotykové plochy kola nešly do výpočtu nijak uvést, aby výsledek dával reálné – optimální hodnoty, podle kterých by v posouzení navržená skladba konstrukce vozovky splňovala limitní hodnoty, jak pro příčnou hranu, tak pro podélnou hranu cementobetonové desky, bylo po konzultaci od výpočtu odstoupeno.

Následně bylo pro tuhou vozovku zjednodušeně ukázáno napětí v cementobetonové desce z hlediska atypického, kolového nebo teplotního zatížení pomocí 3D metody konečných prvků. Zjednodušeně proto, že metoda konečných prvků nebyla obsahem této práce. Ale přišlo mi vhodné se o tom v této práci zjednodušeně zmínit.



Obr. 9.2.1 Vstupní údaje (data) - OPMEKO

Pro podmínky atypického zatížení, resp. atypické požadavky na skladbu vozovky hangáru, nelze vybrat skladbu vozovky z katalogu vozovek (TP170). Pro posuzování atypických konstrukcí vozovek s cementobetonovým krytem, zatížených nestandardním zatížením je ale využití těchto TP poněkud problematické. Z toho důvodu se pro jejich posouzení jako relativně vhodné jeví použití upravené návrhové metodiky. Jako možné řešení tohoto problému se nabízí využití metody konečných prvků. Následující Obr. 9.2.2 ukazuje, jak je možné stanovit potřebná tahová napětí pro CB desku hangárové podlahy při jejím atypickém zatížení heverem (při opravě letadla) a pro kritickou polohu zatížení na hraně desky. Posuzovaná CB deska má rozměry 6,0 x 6,0 m, kontaktní plocha heveru má velikost 0.11 x 0.46 m a kontaktní tlak mezi heverem a CB deskou je 3.6 MPa.



Obr. 9.2.2 Podlaha hangáru

Kolové zatížení:

Dopravním zatížením při navrhování vozovky rozumíme zatížení konstrukce statickými a dynamickými účinky kol vozidel. Vyjadřuje se počtem letadel, která projedou určitým profilem vozovky za určitý čas. Dopravní zatížení je definováno parametry návrhových zatěžovacích sestav (počtem kol a jejich geometrickým uspořádáním, intenzitou, huštěním pneumatik a režimem pohybu vozidel). Velkou roli při určení působení sil od dopravního zatížení hraje rychlost vozidla.

Teplotní zatížení:

U tuhých vozovek se stanovují hodnoty účinků zatížení pro výpočet vozovky s přihlédnutím ke zvýšenému namáhání cementobetonových vrstev v důsledku nerovnoměrného rozdělení teploty podle jejich tloušťky. Účinky teplotního namáhání se určují pro maximální teplotní rozdíly horního a spodního povrchu většinou za předpokladu lineárního rozdělení teploty po tloušťce desky.

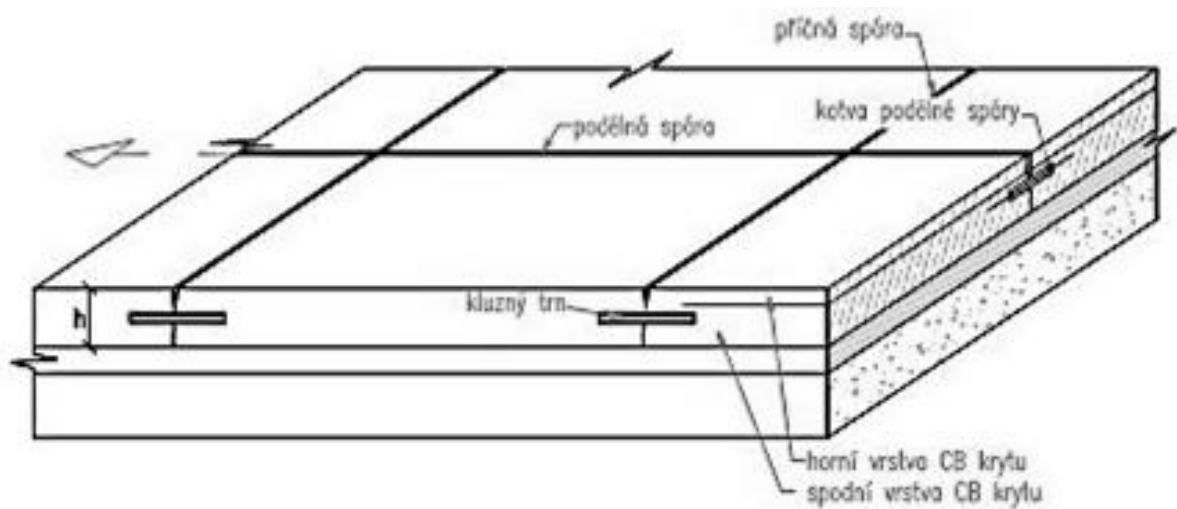
Modelování účinků teploty v cementobetonové desce je velice náročné a vyžaduje pochopení složitějších procesů, což nebylo obsahem této práce.

Spolupůsobení cementobetonových desek:

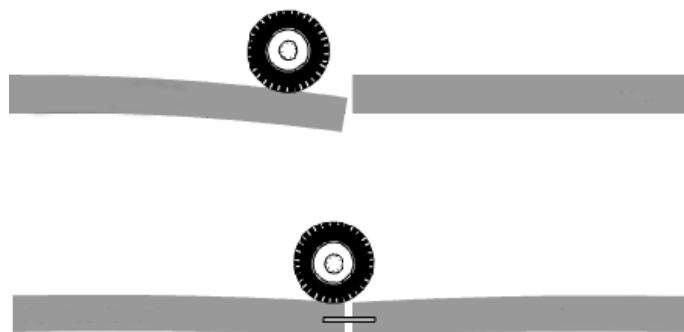
Příčné smršťovací spáry jsou téměř vždy vyztuženy kluznými trny viz Obr. 9.2.3, které mají zabránit vertikálním pohybům sousedních desek vůči sobě. Kluzné trny jsou ocelové tyče o průměru zpravidla 25 mm a minimální délce 500 mm. Kluzné trny se osazují v jedné rovině uprostřed tloušťky desky rovnoběžně s povrchem vozovky, kolmo na příčnou spáru, zpravidla ve vzájemné vzdálenosti 250 mm. U méně zatížených jízdních pruhů a mezi jízdními stopami může být vzdálenost kluzných trnů dvojnásobná.

Podélné spáry jsou vyztuženy kotvami ze žebírkové oceli. Mají obvykle průměr 20 mm a minimální délku 800 mm. Ve střední části jsou kotevní tyče z důvodu protikorozní ochrany opatřeny plastovým povlakem v délce 200 mm. Kotevní tyče mají zabránit jednak vertikálním pohybům sousedních desek, ale také rozevírání spáry mezi deskami Obr. 9.2.4. Umisťují se zpravidla v počtu 3 kotvy na 1 desku.

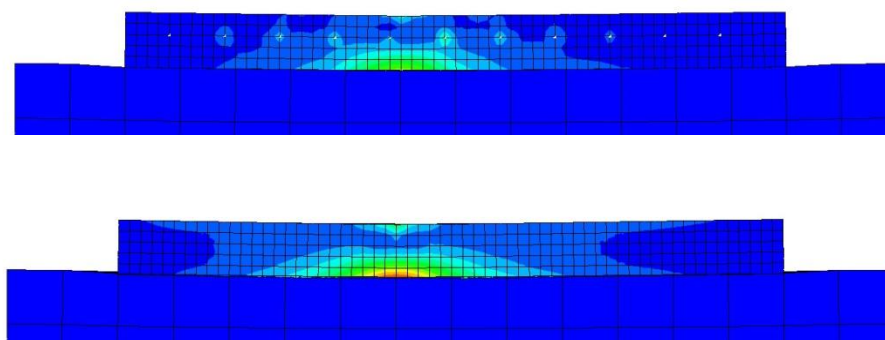
Kluzné trny se ukládají tak, aby osa kluzného trnu byla ve výšce $h/2$ mínus poloměr kluzného trnu. U kotev je vertikální uložení podobné.



Obr. 9.2.3 Vyztužování spár cementobetonové vozovky



Obr. 9.2.4 Rozdíl průhybů při nevyztužené a vyztužené příčné spáře cementobetonové vozovky



Obr. 9.2.5 Napětí ve vyztužené a nevyztužené spáře

10 ZÁVĚR

Bakalářská práce shrnuje skladby konstrukce vozovek na vybraných letištích. Pro ostatní mezinárodní letiště v České republice nebyla získána potřebná data.

V další části práce byl proveden návrh a posouzení netuhé (asfaltové) letištní vozovky pomocí silničního programu LAYMED – TP170 pro nejprve zvolenou skladbu konstrukce vozovky podle TP170 a navržené kritické letadlo. Po analýze všech vstupních dat, parametrů a návrhu skladby konstrukce vozovky o pěti vrstvách: SMA 11S 40 mm, ACL 22S 80 mm, ACP 22S 120 mm, SC C_{8/10} 180 mm, ŠDa 250 mm bylo výpočtem zjištěno, že tato skladba je nevyhovující. Na základě výsledku, bylo nutné udělat opatření, a to buď změnit tloušťky jednotlivých vrstev, anebo změnit skladbu konstrukce vozovky, aby vycházely limitní hodnoty (dle TP170) a nedocházelo k relativnímu poškození podloží (návrhová životnost vozovky - obvykle 25 let). Po zhodnocení a přispění odborné znalosti – praxe byl proveden nový návrh skladby konstrukce vozovky a nový typ podloží. Skladba se skládala z pěti vrstev: ACO 11S 40 mm, ACL 16S 80 mm, VMT 22 160 mm, SC C_{16/20} 250 mm, ŠDa 300 mm. Přepočtení nové skladby konstrukce vozovky, již ukázal, že je na hranici přijatelnosti a blíží se limitní hodnotě (dle TP170). Pro vyhovující řešení skladby jsem se rozhodl měnit už jen tloušťky vrstev. Konečná a vyhovující skladba konstrukce vozovky byla: ACO 11S 40 mm, ACL 16S 80 mm, VMT 22 140 mm, SC C_{16/20} 200 mm, ŠDa 300 mm.

Dále v práci byl proveden návrh a posouzení tuhé (cementobetonové) letištní vozovky pomocí programu OPMEKO pro stejný typ letadla. Z hlediska, že v programu pro letištní vozovku šlo měnit jen údaj pro huštění pneumatik a další potřebné vstupní údaje jako maximální vzletová hmotnost letadla přepočtená na tonáž zatížení pro jedno kolo na hlavní noze podvozku a poloměr dotykové plochy kola nešly do výpočtu nijak uvést, aby následný výsledek dával reálné – optimální hodnoty, podle kterých by v posouzení navržená skladba konstrukce vozovky splňovala limitní hodnoty, jak pro příčnou hranu, tak pro podélnou hranu, bylo po konzultaci od výpočtu odstoupeno.

Závěrem lze říci, že vhodný návrh skladby konstrukce letištní vozovky asfaltové nebo cementobetonové lze nejlépe provést na základě praxe, dále je potřeba mít zjištěny a ověřeny údaje jako je návrhová úroveň porušení vozovky, typ podloží, maximální vzletová hmotnost letadla, třída dopravního zatížení a další. Nesmíme zapomenout na kritické letadlo, které se bude pohybovat na vozovce. Pro návrh asfaltové vozovky může dále posloužit silniční program LAYMED, pro cementobetonovou vozovku je vhodné využití metody konečných prvků.

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1.1 Oficiální logo ICAO	- 14 -
Obr. 2.1.2 Oficiální logo IATA	- 15 -
Obr. 2.1.3 Oficiální logo WMO	- 16 -
Obr. 2.2.1 Oficiální logo Ministerstva dopravy ČR	- 17 -
Obr. 2.2.2 Oficiální logo Úřadu pro civilní letectví	- 17 -
Obr. 2.2.3 Oficiální logo Řízení letového provozu	- 18 -
Obr. 3.1.1 Vzletové délky	- 22 -
Obr. 3.1.2 Přistávací délky	- 23 -
Obr. 3.1.3 Příklady vyhlášených délek	- 23 -
Obr. 3.1.4 Příklady vyhlášených délek	- 23 -
Obr. 3.1.5 Příklady vyhlášených délek	- 24 -
Obr. 3.1.6 Příklady vyhlášených délek	- 24 -
Obr. 3.1.7 Příklady vyhlášených délek	- 24 -
Obr. 4.2.1 Praha – Ruzyně konstrukce RWY 04-22 z roku 1938	- 30 -
Obr. 4.2.2 Vývoj dráhového systému Praha – Ruzyně	- 31 -
Obr. 5.1.1 Schéma RWY	- 33 -
Obr. 5.1.2 RWY Letiště Václava Havla	- 33 -
Obr. 5.2.1 Schéma postranních pásů RWY	- 41 -
Obr. 5.3.1 Schéma pásů RWY	- 43 -
Obr. 5.4.1 Schéma SWY	- 46 -
Obr. 5.4.2 Dojezdová dráha – Stopway	- 46 -
Obr. 5.5.1 Schéma CWY	- 48 -
Obr. 5.6.1 Schéma RESA	- 50 -
Obr. 5.7.1 Pojezdová dráha – TWY	- 51 -

Obr. 5.7.1.1	Etapy vývoje jezdových drah	- 52 -
Obr. 5.7.2.1	Pojzdové dráhy na odbavovací ploše	- 53 -
Obr. 5.7.4.1	Příklad rozšíření jezdové dráhy pro dosažení stanovené vzdálenosti kola v oblouku jezdové dráhy	- 55 -
Obr. 5.7.9.1	Vyznačené jezdové dráhy pro rychlé odbočení	- 58 -
Obr. 5.7.9.2	Pojzdová dráha pro rychlé odbočení	- 59 -
Obr. 5.7.9.3	Pojzdová dráha pro rychlé odbočení – Letiště Houston	- 59 -
Obr. 5.8.1	Odbavovací plochy – Letiště Dubaj	- 61 -
Obr. 5.8.2.1	Polohy stání letadel	- 63 -
Obr. 5.8.3.1	Jednoduché uspořádání	- 63 -
Obr. 5.8.3.2	Lineární uspořádání	- 64 -
Obr. 5.8.3.3	Prstové uspořádání	- 64 -
Obr. 5.8.3.4	Ostrovní uspořádání	- 65 -
Obr. 5.8.3.5	Otevřené uspořádání	- 65 -
Obr. 5.8.3.6	Kombinované uspořádání	- 66 -
Obr. 5.9.1.1	Příklady tvarů vyčkávacích ploch	- 68 -
Obr. 5.10.1	Plocha pro odmrazování a protinámrazové ošetření	- 70 -
Obr. 5.10.5.1	Minimální bezpečné vzdálenosti na plochách pro odmrazování a ošetřování letadel	- 72 -
Obr. 6.1	Rozdělení konstrukcí vozovek	- 73 -
Obr. 6.3.1	Orientační schéma konstrukce tuhé a netuhé vozovky	- 75 -
Obr. 7.1.1	Průběh zatížení na vozovce při působení dvoukolového podvozku	- 77 -
Obr. 7.4.4	Způsoby jakými lze zjistit hodnoty ACN	- 83 -
Obr. 8.1.1	Ortofotomapa Letiště Václava Havla Praha	- 84 -
Obr. 8.1.1.1	Vzorový příčný řez RWY 06/24	- 85 -

Obr. 8.1.2.1 Vzorový příčný řez TWY E	- 86 -
Obr. 8.2.1 Ortofotomapa Letiště Karlovy Vary	- 87 -
Obr. 8.2.1.1 Vzorový příčný řez RWY 11/29	- 88 -
Obr. 8.3.1 Ortofotomapa Letiště Sliač	- 89 -
Obr. 8.3.1.1 Vzorový příčný řez RWY 18/36	- 90 -
Obr. 8.4.1 Ortofotomapa Letiště České Budějovice	- 91 -
Obr. 8.4.1.1 Vzorový příčný řez TWY B	- 92 -
Obr. 8.4.2.1 Spároveň TWY B	- 93 -
Obr. 8.5.1 Ortofotomapa Letiště Praha – Kbely	- 94 -
Obr. 8.5.1.1 Vzorový příčný řez RWY 06/24	- 95 -
Obr. 8.5.2.1 Vzorový příčný řez TWY A	- 96 -
Obr. 9.1.1 Program LAYMED – TP170 – úvodní okno	- 97 -
Obr. 9.1.2 Program LAYMED – TP170 – vstupní data vozovky	- 98 -
Obr. 9.1.3 Návrh I skladby konstrukce vozovky	- 99 -
Obr. 9.1.4 Návrh II – varianta 2 skladby konstrukce vozovky	- 100 -
Obr. 9.1.5 Hodnocení provozní výkonnosti vozovky	- 100 -
Obr. 9.2.1 Vstupní údaje (data) - OPMEKO	- 101 -
Obr. 9.2.2 Podlaha hangáru	- 102 -
Obr. 9.2.3 Vyztužování spár cementobetonové desky	- 104 -
Obr. 9.2.4 Rozdíl průhybů při nevyztužené a vyztužené příčné spáře cementobetonové vozovky	- 104 -
Obr. 9.2.5 Napětí ve vyztužené a nevyztužené spáře	- 104 -

12 SEZNAM TABULEK

Tab. 2.3.1 Letecké předpisy řady L	- 20 -
Tab. 3.2.1 Kódové značení letišť	- 25 -
Tab. 5.1.3.1 Orientační kapacita dráhového systému (R. Horonjeff)	- 36 -
Tab. 5.1.5.1 Šířka RWY	- 38 -
Tab. 5.7.3.1 Minimální šířka pojezdové dráhy	- 54 -
Tab. 5.7.3.2 Minimální vzdálenost mezi vnějším kolem hlavního podvozku a okrajem pojezdové dráhy	- 54 -
Tab. 5.7.5.1 Minimální vzdálenosti pojezdové dráhy	- 56 -
Tab. 5.8.4.1 Minimální vzdálenost stání letadel	- 66 -
Tab. 5.9.2.1 Minimální vzdálenosti mezi vyčkávací plochou a RWY	- 69 -
Tab. 5.9.3.1 Minimální vzdálenost mezi křídly dvou letadel	- 69 -
Tab. 7.4.1 Informace o typu vozovky pro určení ACN/PCN	- 81 -
Tab. 7.4.2 Hodnoty pevnosti podloží pro tuhé vozovky	- 82 -
Tab. 7.4.3 Hodnoty pevnosti podloží pro netuhé vozovky	- 82 -

13 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KAUN, Miroslav. *Letiště: navrhování*. Praha: České vysoké učení technické, 996. ISBN 80-01-01449-5.
- [2] Úřad pro civilní letectví. *Letecký předpis Letiště L14*. Praha : LIS. Praha, 2009. 641/2009-220-SP/4.
- [3] International Civil Aviation Organization. *Aerodrom Design Manual - Part 1 - Runways*. USA : ICAO, 3. vyd. 2006. ISBN 978-92-9231-065-3.
- [4] International Civil Aviation Organization. *Aerodrome Design Manual - Part 2 - Taxiways, Aprons and Holding Bays*. USA : ICAO, 4. vyd. 2005. ISBN 92-9194-473-4.
- [5] International Civil Aviation Organization. *Aerodrome Design Manual - Part 3 - Pavements*. USA : ICAO, 2. vyd. 1983. ISBN 92-9194-117-4.
- [6] KAZDA, Antonín a Robert E. CAVES. *Airport design and operation*. Third edition. Bingley: Emerald, 2015. ISBN 978-1-78441-870-0.
- [7] Ing. Petr Pánek Ph.D., ČVUT – Fakulta stavební [K136]
- [8] HORONJEFF, Robert. *Planning and design of airports*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, c2010. ISBN 978-0-07-144641-9.
- [9] MATOULEK, Jaroslav a Tomáš SOUŠEK. *Kbely: letiště na okraji Prahy*. Praha: Ministerstvo obrany ČR - Prezentační a informační centrum MO, 2009. ISBN 978-80-7278-512-4.

13.1 Internetové zdroje

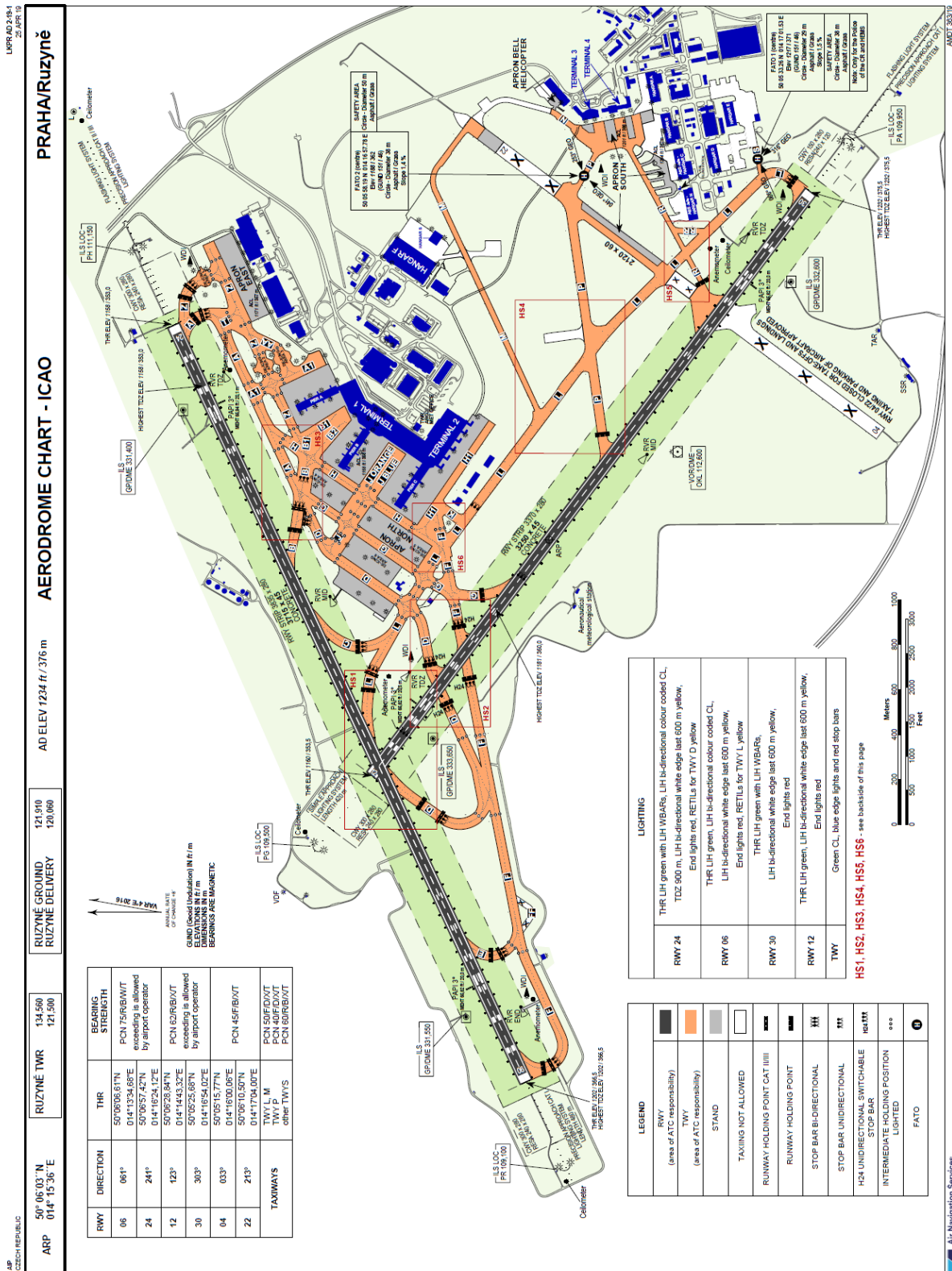
- [10] Home. Document Moved [online]. Copyright © International Civil Aviation Organization [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <https://www.icao.int/Pages/default.aspx>
- [11] IATA - Home. [online]. Copyright © International Air Transport Association [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <https://www.iata.org/Pages/default.aspx>
- [12] Úřad pro civilní letectví. *Úřad pro civilní letectví* [online]. Copyright © 2001 [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/>
- [13] Řízení letového provozu ČR, s.p.. *Document Moved* [online]. Copyright © ŘLP ČR, s.p. [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <http://www.rlp.cz/Stranky/default.aspx>
- [14] InternationalCivilAviationOrganization - Wikipedia. [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/InternationalCivilAviationOrganization>
- [15] [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/InternationalAirTransportAssociation>
- [16] [online]. Dostupné z: <https://public.wmo.int/en>
- [17] WorldMeteorologicalOrganization - Wikipedia. [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/WorldMeteorologicalOrganization>
- [18] Ministerstvo dopravy ČR - Domovská stránka. *Ministerstvo dopravy ČR - Domovská stránka* [online]. Copyright © 2019 Ministerstvo dopravy ČR [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/>
- [19] *Letiště Václava Havla Praha | Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně* [online]. Dostupné z: <https://www.prg.aero/#/>
- [20] Letecká informační služba. *Letecká informační služba* [online]. Copyright © 2019 Letecká informační služba, Řízení letového provozu ČR, s.p. [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <https://lis.rlp.cz/>
- [21] [online]. Dostupné z: <http://adventia.org/language/en/>
- [22] [online]. Copyright © 2019 timesofmalta.com [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <https://www.timesofmalta.com>
- [23] [online]. Copyright © 2019 [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <https://www.fly2houston.com/>

- [24] [online]. Dostupné z: <https://www.emirates.com/cz/english/before-you-fly/dubai-international-airport/?cs=Y>
- [25] Letiště Karlovy Vary :: . [online]. Copyright © 2019 Letiště Karlovy Vary s.r.o. [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <https://www.airport-k-vary.cz/cs/>
- [26] Mapy.cz. *Mapy.cz* [online]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [27] Airbus A320 family - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Airbus_A320_family
- [28] České aerolinie - Moderní letecká společnost s více než devadesátiletou tradicí. *Object moved* [online]. Copyright © 2019 České aerolinie a.s. [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <https://www.csa.cz/cz-cs/>
- [29] <http://www.aga-letiste.cz/>
- [30] Domov | Airport Sliač. *Domov | Airport Sliač* [online]. Dostupné z: <https://airportsliac.sk/>
- [31] Letiště České Budějovice LKCS. *Letiště České Budějovice LKCS* [online]. Dostupné z: <http://www.airport-cb.cz/>
- [32] zdl.army.cz. *zdl.army.cz* [online]. Copyright © 2004 [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <http://www.zdl.army.cz/>
- [33] Domů | Letiště Pardubice. *Domů | Letiště Pardubice* [online]. Copyright © 2019 LETIŠTĚ PARDUBICE. TVORBA WEBU [cit. 18.05.2019]. Dostupné z: <https://www.airport-pardubice.cz/>

14 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha [1]* Mapa Letiště Václava Havla Praha - Praha/Ruzyně - ICAO
- Příloha [2]* Mapa Letiště Karlovy Vary - ICAO
- Příloha [3]* Mapa Letiště Praha - Kbely - ICAO
- Příloha [4]* Letiště Praha – Kbely - foto z pokládky CB vozovky
- Příloha [5]* Základní parametry – Airbus A320-200
- Příloha [6]* Hodnocení vozovky podle kritérií TP170 (dodatek 2010) – návrh I
- Příloha [7]* Hodnocení vozovky podle kritérií TP170 (dodatek 2010) – návrh II

Příloha [1] Mapa Letiště Václava Havla Praha – Praha/Ruzyně



Příloha [3] Mapa Letiště Praha - Kbely

LKKB AD 2 - 19
10 NOV 16

AERODROME CHART - ICAO KBELY

GROUND : :

TOWER 120,880
134,730 reserve

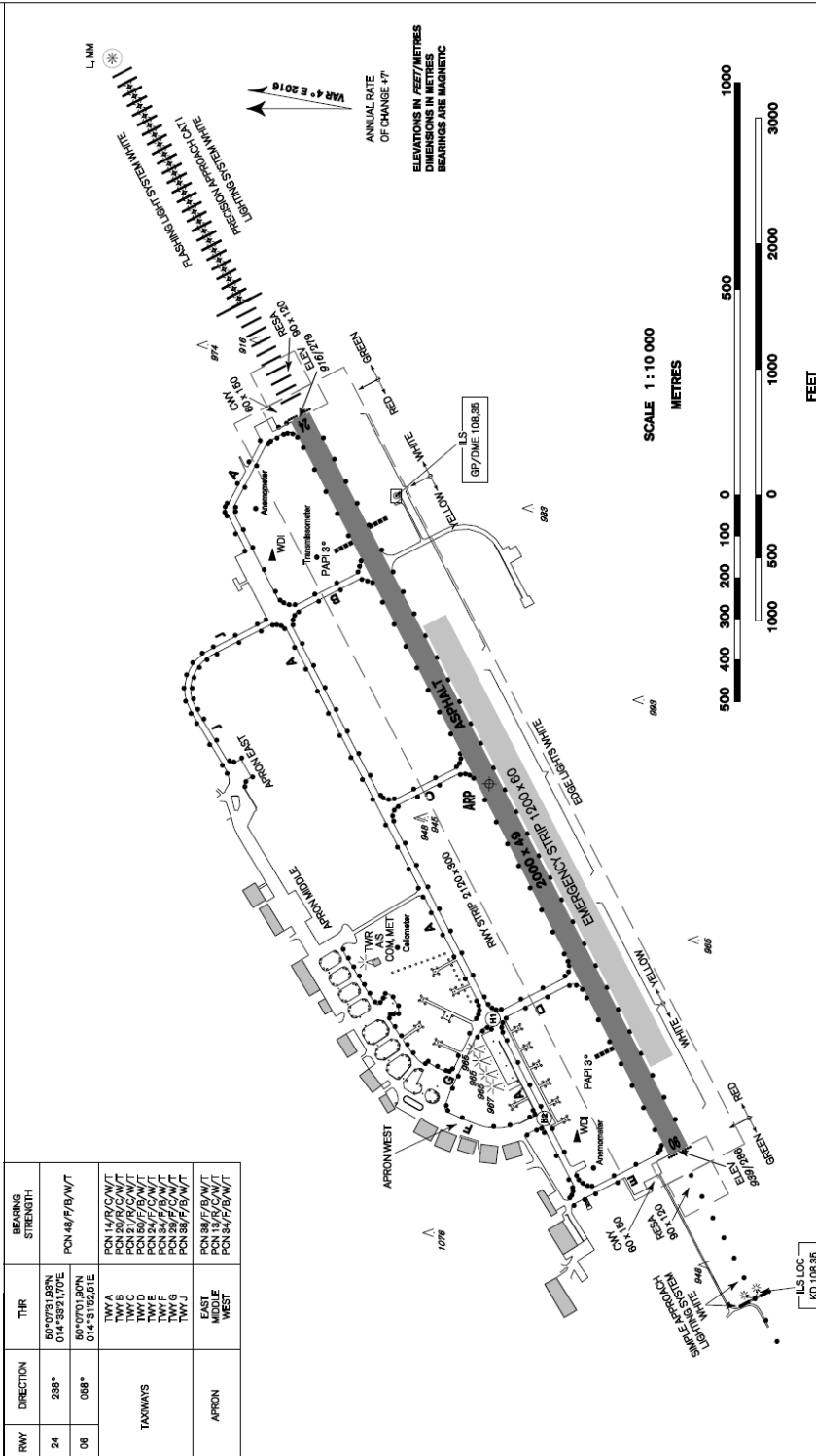
PRECISION 124,860
123,300 reserve
315,000 reserve

APPROACH 124,860
279,000 reserve

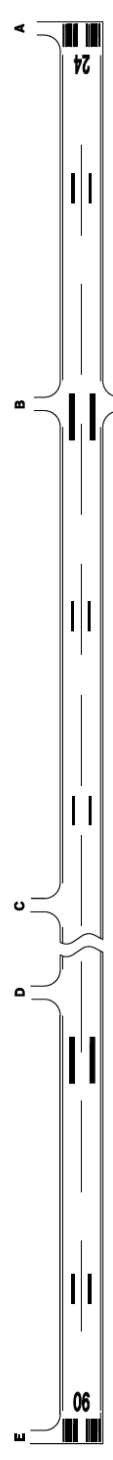
ELEV 639 ft / 286 m

50°07'17"N
ARP 014°32'37"E

RWY	DIRECTION	THR	BEARING STRENGTH
24	288°	60°07'31.88"N 014°32'17.00"E	PCN 48/F/B/W/T
06	088°	60°07'01.80"N 014°31'52.01"E	PCN 14/R/C/W/T PCN 31/R/C/W/T PCN 60/F/B/W/T PCN 13/R/C/W/T PCN 34/F/B/W/T PCN 39/F/C/W/T PCN 38/F/B/W/T
TAXIWAYS			PCN 34/F/B/W/T PCN 39/F/C/W/T PCN 38/F/B/W/T PCN 34/F/B/W/T
APRON			EAST WEST



MARKINGS ON MANOEUVRING AREA



AIRAC AMET 9/16

Air Navigation Services
of the Czech Republic

Příloha [4] Letiště Praha – Kbely - foto z pokládky cementobetonové vozovky

Fotky jsou pořízené z osobní návštěvy vojenského letiště Praha – Kbely. Jednalo se o rekonstrukci TWY A, a následnou pokládku cementobetonové vozovky.



Příloha [5] Základní parametry – Airbus A320-200

Airbus A320-200 je dvoumotorové proudové letadlo pro střední a krátké tratě. Vzniklo v druhé polovině osmdesátých let minulého století. Jedná se o konečnou verzi, oproti A320-100 má na koncích křídel malé winglety (pomocná plocha různého tvaru na konci nosného křídla letadla) a zvýšenou kapacitu nádrží. Na úspěch A320 navazuje od roku 2012 modernizovaný program Airbus A320neo. [35]



Obr. 15.1 Airbus A320-200 společnosti ČSA [36]

Technické údaje:

Rozpětí:	35,8 m
Rozchod:	7,59 m
Délka:	37,57 m
Výška ocasu:	11,76 m
Max. vzletová hmotnost:	77 t
Hmotnost na jedno kolo:	15,11 t
Dolet s max. nákladem:	4900 km
Obsaditelnost:	135 - 180
Objem nákladového prostoru:	37,40 m ³

Příloha [6] Hodnocení vozovky podle kritérií TP170 (dodatek 2010)

Návrh I:

Hodnocení vozovky KOCI podle kritérií TP170 (dodatek 2010)

Program LAYMED_TP170_ČSN_EN, Ing. Bohuslav Novotný SOFTLAY
datum výpočtu: 30. 4. 2019

*** Konstrukce vozovky:

vrstva č.	materiál vrstvy	tloušťka v cm
1	SMA 11 S	4.00
2	ACL 22 S	8.00
3	ACP 22 S	12.00
4	SC C8/10	18.00
5	SD	25.00
podloží	PIII	

* Údaje o podloží a vlivu prostředí

Vodní režim podloží : pendulární
Namrzavost zeminy podloží : mírně namrzavá a namrzavá

Charakt. hodnota indexu mrazu : 400.0
Dílčí souč. umístění vozovky : 1.00
Návrhová hodnota indexu mrazu : 400.00
Návrhová hodnota modulu : 50.00 MPa
Poissonovo číslo : 0.400

*** Výsledky hodnocení vozovky podle TP170 (dodatek 2010)

Návrhová úroveň porušení: D0

* Sít' výpočtových bodů (údaje v cm):

Bod č.	směr x	směr y	směr z (č. vrstvy)
1	0.00	0.00	0.00 (1)
2		52.50	4.00 (1)
3			12.00 (2)
4			24.00 (3)
5			42.00 (4)
6			67.00 (5)
7			67.00 (6)

Relativní porušení vrstev a podloží vozovky:

vrstva č.	materiál vrstvy	relativní porušení	kritický bod / směr			
			z	x	y	
1	SMA 11 S	0.4119	0.00	0.00	0.00	z
2	ACL 22 S	0.0001	12.00	0.00	0.00	z
3	ACP 22 S	7.6762	24.00	0.00	52.50	x
4	SC C8/10	neposuzováno				
5	SD	neposuzováno				
podloží	PIII	54.3232	67.00	0.00	52.50	z

Celkové hodnocení vozovky KOCI podle podmínek TP170 (dodatek 2010)

Posuzovaná veličina	hodnota mezní	hodnota zjištěná	hodnocení
relativní poško- zení vozovky	0.850	7.676	nevyhovuje
relativní poško- zení podloží	0.850	54.323	nevyhovuje
tloušťka vrstev z nenamrzavých materiálů (cm)	30.000	67.000	vyhovuje

Příloha [7] Hodnocení vozovky podle kritérií TP170 (dodatek 2010)

Návrh II:

Hodnocení vozovky KOCI-FINAL_2 podle kritérií TP170 (dodatek 2010)

Program LAYMED_TP170_ČSN_EN, Ing. Bohuslav Novotný SOFTLAY
datum výpočtu: 30. 4. 2019

*** Konstrukce vozovky:

vrstva č.	materiál vrstvy	tloušťka v cm
1	ACO 11S	4.00
2	ACL 16 S	8.00
3	VMT 22	14.00
4	SC C16/20	20.00
5	SDA	30.00
podloží	PII	

* Údaje o podloží a vlivu prostředí

Vodní režim podloží : pendulární
Namrzavost zeminy podloží : mírně namrzavá a namrzavá

Charakt. hodnota indexu mrazu : 400.0
Dílčí souč. umístění vozovky : 1.00
Návrhová hodnota indexu mrazu : 400.00
Návrhová hodnota modulu : 80.00 MPa
Poissonovo číslo : 0.350

* Kvalita spolupůsobení vrstev vozovky:

styk vrstev	koef. spolup. g
1 / 2	0.00000
2 / 3	0.00000
3 / 4	0.98000
4 / 5	0.00000
5 / 6	0.00000

*** Údaje o zatížení vozovky:

Nestandardní zatížení

Zatíž. č.	ZX	ZY	ZRO	QN	QT	ZFI
1	0.0000	-52.5000	19.2400	-1.3000	0.0000	0.000
2	0.0000	52.5000	19.2400	-1.3000	0.0000	0.000

ZX,ZY - souřadnice x, y středu zatěžovacího kruhu v cm

ZRO - poloměr zatěžovacího kruhu v cm

QN - intenzita svislého zatížení v MPa

QT - intenzita tangenciálního zatížení v MPa

ZFI - uhel směru tang. zatíž. s osou x v stupních

počet těžkých nákladních vozidel TNV za den: 200.0
délka návrhového období : 25.0
návrhová hodnota celkového počtu TNV
za návrhové období TNV_cd : 1825000.
třída dopravního zatížení : IV

* uvažované hodnoty koeficientů:

podílu max. zatíženého jízdního pruhu C1 = 1.00
fluktuace stop C2 = 1.00
spektra hmotnosti náprav C3 = 1.00
vlivu rychlosti pohybu C4 = 2.00

růstu dopravy - první rok n.o. DELTA_z = 1.00
růstu dopravy - poslední rok n.o. DELTA_k = 1.00

*** Výsledky hodnocení vozovky podle TP170 (dodatek 2010)

Návrhová úroveň porušení: D0

* Sít' výpočtových bodů (údaje v cm):

Bod č.	směr x	směr y	směr z (č. vrstvy)
1	0.00	0.00	0.00 (1)
2		52.50	4.00 (1)
3			12.00 (2)
4			26.00 (3)
5			46.00 (4)
6			76.00 (5)
7			76.00 (6)

Relativní porušení vrstev a podloží vozovky:

vrstva č.	materiál vrstvy	relativní porušení	kritický bod / směr			
			z	x	y	
1	ACO 11S	0.0259	0.00	0.00	0.00	z
2	ACL 16 S	0.0005	12.00	0.00	0.00	z
3	VMT 22	0.0059	26.00	0.00	52.50	x
4	SC C16/20	neposuzováno				
5	SDA	neposuzováno				
podloží	PII	0.6876	76.00	0.00	52.50	z

Celkové hodnocení vozovky KOCI-FINAL_2 podle podmínek TP170 (dodatek 2010)

Posuzovaná veličina	hodnota mezní	hodnota zjištěná	hodnocení
relativní poško- zení vozovky	0.850	0.026	vyhovuje
relativní poško- zení podloží	0.850	0.688	vyhovuje
tloušťka vrstev z nenamrzavých materiálů (cm)	30.000	76.000	vyhovuje

