



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN STAVEBNÍHO DUMPERU NA ELEKTRICKÝ POHON

DESIGN OF ELECTRIC DUMP TRUCK

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Gádoci

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

BRNO 2025

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav konstruování
Student:	Bc. Jan Gádoci
Studijní program:	Průmyslový design ve strojírenství
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.
Akademický rok:	2024/25

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Design stavebního dumperu na elektrický pohon

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Dumpéry neboli pásové nebo kolové přepravníky jsou velmi praktickými a výkonnými stroji, které jsou určeny pro přepravu různých materiálů na malých vzdálenostech. Tyto stroje jsou charakterizovány svou kompaktností a schopností se pohybovat v terénu, kde běžné nákladní vozy selhávají. Výtvarně – technická studie tohoto už standardního typu stavebního stroje, koncipovaná ale pro alternativní pohon by měla přinést nový a inspirující pohled na tuto problematiku a představit vizuálně atraktivní design.

Typ práce: vývojová – designérská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je navrhnout vizi dumperu na elektrický pohon s nosností 2,5 až 3 tuny. Návrh by měl respektovat designem, konstrukcí i výrobními technologiemi specifika prostředí ve kterém bude stroj pracovat.

Dílčí cíle diplomové práce:

- analyzovat současnou produkci stavebních strojů,
- navrhnout originální design a technicky progresivní koncepci,
- zpracovat prostorový model navrženého designu.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 – 50 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<https://www.ustavkonstruovani.cz/texty/magisterske-studium-ukonceni/>

Seznam doporučené literatury:

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob. a Young Yun. KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. c2012. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry. Praha: Happy Materials. ISBN 978-80-260-0538-4.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2024/25

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Stavební sektor čelí rostoucím nárokům na snižování emisí a zvyšování provozní efektivity, což vede k hledání alternativních řešení také v oblasti menší stavební techniky. Tato diplomová práce se zaměřuje na návrh kompaktního dumperu s elektrickým pohonem určeného do členitého terénu i městského prostředí. Cílem práce je představit komplexní designovou studii stroje, která propojuje funkční, ergonomické a estetické požadavky současné výstavby.

Návrh klade důraz na udržitelnost, jednoduchost tvarového řešení a snadnou údržbu. Kabina a celkové řešení stroje byly formovány s ohledem na potřeby obsluhy a moderní požadavky bezpečnosti a pohodlí. Výsledný design nabízí nejen bezemisní provoz, ale také kultivovanou estetiku vycházející z principů elektromobility.

KLÍČOVÁ SLOVA

stavební dumper, stavební stroj, elektrický pohon, design

ABSTRACT

The construction sector is facing increasing demands to reduce emissions and increase operational efficiency, leading to a search for alternative solutions in the field of smaller construction equipment. This thesis focuses on the design of a compact electric powered dumper designed for rugged terrain and urban environments. The aim of the thesis is to present a complex design study of a machine that combines the functional, ergonomic and aesthetic requirements of contemporary construction.

The design emphasises sustainability, simplicity of form and ease of maintenance. The cab and the overall design of the machine have been shaped to meet the needs of the operator and the modern requirements of safety and comfort. The resulting design offers not only emission-free operation, but also a refined aesthetic based on the principles of electromobility.

KEYWORDS

construction dumper, construction machine, electric drive, design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

GÁDOCI, Jan. *Design stavebního dumperu na elektrický pohon*. Brno, 2025, 83 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí diplomové práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval panu doc. akad. soch. Ladislavu Křenkovi, ArtD., za odborné vedení, cenné připomínky a rady.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením doc. akad. soch. Ladislava Křenka, ArtD. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	13
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	14
2.1	Rešeršní metody	14
2.1.1	Kritéria pro výběr informačních zdrojů	14
2.1.2	Výběr relevantních informačních pramenů	14
2.1.3	Užité metody zpracování dat	15
2.1.4	Sumarizace počtu a druhu vybraných informačních zdrojů	16
2.2	Rešerše na stav techniky	16
2.2.1	Motivační analýza	16
2.2.2	Designérská analýza	17
2.2.3	Technická analýza	27
2.2.4	Ergonomická analýza	32
2.3	Identifikace novosti a příležitosti	33
3	CÍLE PRÁCE	34
3.1	Vymezení problému	34
3.1.1	Název produktu a jeho klasifikace	34
3.1.2	Specifikace zákazníka	34
3.1.3	Specifikace spotřebitele	34
3.1.4	Specifikace trhu, ceny a použitých výrobních technologií	35
3.1.5	Vymezení problémů	35
3.2	Cíle vývoje	36
4	KONCEPČNÍ NÁVRH	37
4.1	Analýza cílů a specifikace omezení	37
4.2	Technická a funkční analýza	38
4.3	Návrh alternativních řešení	39
4.3.1	Varianta 1	39
4.3.2	Varianta 2	40
4.3.3	Varianta 3	41
4.4	Analýza alternativních řešení a výběr nejlepšího	41
5	PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH	42
5.1	Tvarové řešení	42
5.2	Rozměrové řešení	43

5.3	Materiálové řešení	44
5.4	Odhad výrobních nákladů a objemu výroby	45
6	DETAILNÍ NÁVRH	46
6.1	Tvarové řešení	46
6.2	Konstrukční a technické řešení	49
6.2.1	Rozměrové řešení	49
6.2.2	Konstrukční řešení	50
6.3	Ergonomické řešení	55
6.3.1	Kabinový prostor	56
6.3.2	Nástup, výstup	59
6.3.3	Servisní činnosti	61
6.4	Hygiena	63
6.5	Grafické a barevné řešení	64
6.6	Udržitelnost produktu	66
6.7	Hodnocení klíčových parametrů	67
7	ZÁVĚR	69
8	VÝSLEDEK VÝZKUMU PODLE RIV	70
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	71
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	74
11	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	75
12	SEZNAM TABULEK	78
13	SEZNAM PŘÍLOH	79
14	PŘÍLOHY	80

1 ÚVOD

Stavební technika zažívá v posledních letech významné změny v souvislosti s tlakem na udržitelnost, snižování emisí a zvyšování bezpečnosti práce. Jedním z aktuálních témat, které se do popředí dostává nejen ve městech, ale i na běžných staveništích, je elektrifikace pracovních strojů. Práce, které dříve zajišťovaly hlučné a těžkopádné stroje se spalovacími motory, se dnes přesouvají do oblasti kompaktních, efektivních a ekologicky šetrnějších řešení. Přestože se nabídka elektrických strojů rozšiřuje, segment menších dumperů zůstává relativně omezený – zejména v oblasti designu a ergonomie.

Tato diplomová práce se proto zaměřuje na návrh elektricky poháněného stavebního dumperu, který kombinuje funkčnost, kompaktní rozměry, udržitelný provoz a ergonomii s důrazem na snadné použití a přepravu. Návrh cílí především na použití ve stísněných prostorech, jako jsou rekonstrukce městských objektů, vnitřní haly nebo citlivá prostředí s omezenou hlučností a emisemi. Volba elektrického pohonu umožňuje nejen bezemisní provoz, ale přináší i výhody ve formě snížených vibrací, menší potřeby údržby a tiššího chodu.

Motivací k výběru tohoto tématu byla snaha vytvořit moderní stroj, který přináší nejen ekologický přínos, ale také funkční hodnoty – optimalizovaný výhled z kabiny, bezpečný nástup, efektivní ergonomii pracoviště a zároveň moderní estetiku, která stroji propůjčuje charakter spolehlivého a současně inovativního produktu. Tato práce tak propojuje designérské i technické přístupy s cílem navrhnout stroj, který dokáže obstát ve výzvách současného i budoucího stavebnictví.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Rešeršní metody

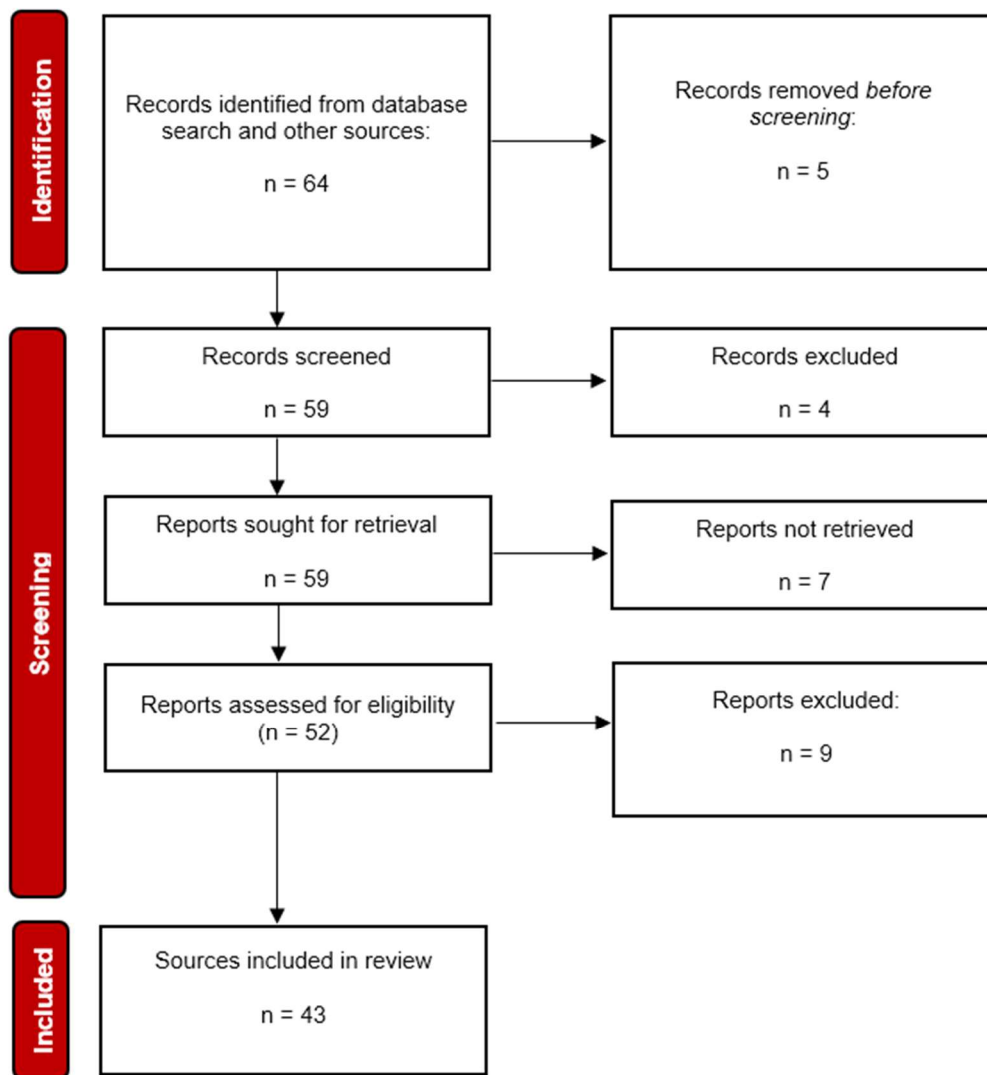
2.1.1 Kritéria pro výběr informačních zdrojů

Základním stavebním kamenem byla formulace a analýza rešeršního požadavku. Toho bylo docíleno definováním důležitých klíčových slov, a to jak českém, tak anglickém jazyce. Mezi klíčová slova a jejich synonyma patřila: design; ergonomie / ergonomics; dumper, sklápěč, přepravník / dump truck; elektrický pohon, elektromotor, elektromobilita / electric drive system, electric engine, elektromobility; baterie, akumulátor, zdroj / battery, accumulator, power source; bezpečnost, ochrana, prevence / safety, protection, prevention; doprava, převoz / transport; údržba, servis, oprava / maintenance, service, repair; bezemisní provoz, nulová emise, nulové znečištění / emission-free operation, zero emission, zero pollution; výkon, tahová síla, jízdní dynamika / power, traction, driving dynamics; dojezd, vzdálenost, dosah / range, distance, reach.

Za pomoci seznamu klíčových slov byly vybrány vhodné primární a sekundární zdroje. Přednostně byly zvoleny odborné články, normy, produktové katalogy, webové stránky výrobců a závěrečné studentské práce. Pro rozšíření obzorů byla většina zdrojů hledána v anglickém jazyce.

2.1.2 Výběr relevantních informačních pramenů

Zvolenými metodami bylo vyhledáno 64 informačních pramenů, jež splňovali určená kritéria. Následným prověřováním bylo 21 zdrojů odebráno, jednalo se buďto o duplicitní zdroje, či o zdroje s nerelevantním obsahem. V konečném stádiu PRISMA diagramu viz Obr. 2-1.



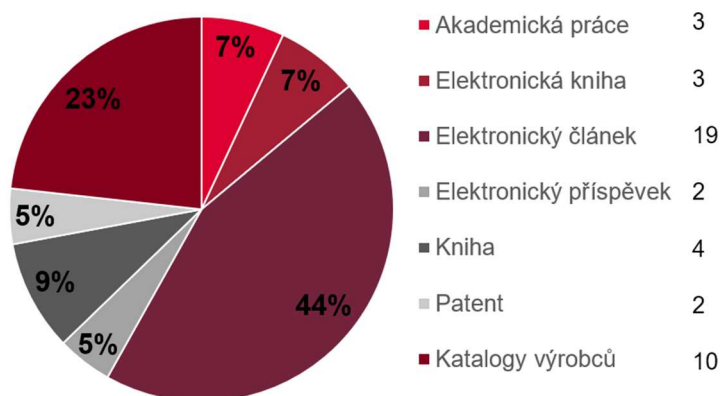
Obr. 2-1 PRISMA diagram

2.1.3 Užité metody zpracování dat

Veškeré nalezené informační zdroje byly následně vloženy do citačního manažeru Citace PRO a rozřizeny do jednotlivých skupin dle typu informačního zdroje (tj. Odborné články, Knihy, Katalogy atd.).

2.1.4 Sumarizace počtu a druhu vybraných informačních zdrojů

Z celkového počtu informačních zdrojů bylo vybráno 43 relevantních, jenž budou využity ke zhotovení diplomové práce. K porovnání četnosti jednotlivých zdrojů byl vytvořen koláčový graf viz Obr. 2-2. Z grafu je zřejmé, že převažují informační prameny ze skupiny Odborné články, jichž bylo použito 19 (44 %). Odborné články jsou důležitými informačními prameny, jelikož nejlépe popisují studované téma a zodpovídají na nejvíce kladených otázek. Další v pořadí následují Katalogy výrobců, kterých bylo nalezeno 10 (23 %). Katalogy výrobců jsou nedílnou součástí systematické rešerše pro jejich nezaměnitelnou informační hodnotu v podobě aktuálního stavu řešení podobných výrobků. Další informační prameny mezi sebou zastávali skoro stejnou četnost.



Obr. 2-2 Zastoupení informačních zdrojů

2.2 Rešerše na stav techniky

2.2.1 Motivační analýza

Stavební průmysl se v posledních letech intenzivně zaměřuje na snižování emisí a zlepšování ekologické udržitelnosti. Elektricky poháněné stavební dumpery představují klíčový prvek této transformace. Jejich hlavní výhodou je eliminace emisí výfukových plynů, což přispívá k čistšímu ovzduší a snížení uhlíkové stopy stavebních projektů.

Kromě ekologických přínosů nabízejí elektrické dumpery také ekonomické výhody. Přestože počáteční investice může být vyšší, provozní náklady jsou často nižší díky úsporám na palivu a sníženým nákladům na údržbu. Elektrické motory mají méně pohyblivých částí než dieselové, což vede k menšímu opotřebení a delší životnosti.

Technologický pokrok v oblasti baterií hraje klíčovou roli v rozšíření elektrických strojů ve stavebnictví. Moderní lithium-iontové baterie nabízejí vyšší energetickou hustotu a delší provozní dobu, což umožňuje efektivní nasazení elektrických dumperů i v náročných podmínkách. [1]

Příkladem úspěšné implementace elektrických stavebních strojů je projekt vysokorychlostní železnice HS2 ve Velké Británii, kde byly nasazeny bateriově poháněné bagry a jeřáby. Tyto stroje výrazně snižují hlukovou zátěž a emise, což je klíčové při práci v městských oblastech. [2]

Zavádění elektrických dumperů tedy přináší kombinaci ekologických a ekonomických výhod, podporovaných rychlým technologickým pokrokem v oblasti baterií a elektrických pohonů.

2.2.2 Designérská analýza

Hlavním cílem designérské analýzy je identifikovat osvědčené prvky a zároveň odhalit možné nedostatky, které lze vylepšit. Současné dumpery se zaměřují především na robustnost konstrukce, vysokou manévrovatelnost a ergonomii kabiny pro maximální komfort operátora. Celková analýza designu stávajících produktů umožňuje definovat ideální proporce, ergonomické prvky a materiálové složení tak, aby nový model elektrického dumperu přinesl inovace a zvýšil efektivitu práce v různých stavebních podmínkách.

V analýze se setkáváme s několika odlišnými představiteli stavebních dumperů, jak kolovými, tak pásovými. Pro rozšíření možností jsou zahrnuty stroje s elektrickým pohonem zajištěným bateriemi, ale i s běžným spalovacím motorem. Valná většina stavebních dumperů využívá kolového podvozku s náhonem všech čtyř kol, objevuje se tu však několik strojů s podvozkem pásovým. V neposlední řadě je zmíněn také autonomní koncept.

THWAITES 3T

Dumper Thwaites 3T je kompaktní stavební stroj navržený pro manipulaci se sypkými materiály v náročném terénu. Jeho hlavní výhodou je variabilita korby, která umožňuje stranové i vysoké vyklápění, což usnadňuje nakládku i vykládku v omezených prostorech. Stroj disponuje hydrostatickým diesellovým pohonem s výkonem 18,4 kW, což poskytuje dostatečný tah pro přesuny i v náročných podmínkách stavenišť.

Z hlediska designu je Thwaites 3T typickým zástupcem moderních kompaktních dumperů. Jeho robustní ocelová konstrukce se zaměřuje na maximální odolnost, což podporuje použití hlubokotažených plechů a zesílených prvků rámu. Plně svařená korba s hydraulickým ovládním je vyrobena z 6 mm silných plechů, čímž se zvyšuje životnost i odolnost vůči mechanickému opotřebení. Praktickým designovým prvkem je také možnost otočení korby o 180°, což umožňuje flexibilní vykládání materiálu bez nutnosti složitého manévrování.

Kabina operátora je minimalistická, přizpůsobená pro maximální viditelnost a snadnou obsluhu. Otevřená konstrukce s ochranným rámem zajišťuje základní bezpečnost při převrácení, přičemž jednoduché ovládací prvky umožňují intuitivní řízení i v náročném terénu. Výška stroje 3,3 metru zajišťuje dostatečný přehled nad pracovním prostředím, avšak může být limitujícím faktorem při průjezdu nízkými překážkami.[3]

Vizuálně stroj odpovídá zavedenému industriálnímu designu stavebních vozidel – výrazná žlutá barva zvyšuje jeho viditelnost a zároveň reflektuje firemní identitu výrobce. Kola s hrubým vzorkem jsou dominantním prvkem, který naznačuje určení do nerovného terénu. Design kombinuje jednoduchost s robustností, což je pro tento typ strojů klíčový faktor. Celkově lze Thwaites 3T považovat za praktický a vizuálně funkční stroj, který v sobě spojuje ergonomii, pevnost a jednoduchost obsluhy.



Obr. 2-3 Thwaites 3T [3]

WACKER NEUSON DW30

Dumper Wacker Neuson DW30 představuje moderní řešení pro efektivní přepravu materiálu na stavbách a v terénu. Tento model klade důraz na bezpečnost a komfort obsluhy, což potvrzuje například uzavřená kabina chránící operátora před nepříznivými povětrnostními podmínkami a prachem. Stroj je vybaven hydrostatickým dieslovým pohonem s výkonem 18,9 kW, což zajišťuje plynulou jízdu bez nutnosti řazení, a umožňuje přesné manévrování i v náročném prostředí.

Jedním z klíčových konstrukčních prvků je otočná korba s možností 180° vyklápění, což umožňuje flexibilní manipulaci s materiálem i v omezených prostorách. Design stroje je promyšlený nejen z hlediska funkčnosti, ale i ergonomie – oboustranný přístup do kabiny, široká viditelnost a logicky rozmístěné ovládací prvky usnadňují práci operátora. Moderní technologie, jako je auto-stop funkce při nečinnosti nebo automatická parkovací brzda, přispívají k bezpečnosti i efektivitě provozu.[4]

Vizuálně je Wacker Neuson DW30 charakteristický svou robustní a kompaktní stavbou s vysokou světlou výškou, která usnadňuje průjezd terénem. Kombinace černé, žluté a červené barvy nejen podtrhuje firemní identitu, ale také zvyšuje viditelnost stroje na staveništi. Masivní pneumatiky s hrubým vzorkem jasně naznačují, že stroj je určen do náročných podmínek. Celkový design spojuje odolnost, bezpečnost a moderní prvky, které odpovídají současným trendům ve stavební mechanizaci.



Obr. 2-4 Wacker Neuson DW30 [4]

YANMAR C30R-3TV

Dumper YANMAR C30R-3TV představuje specializované řešení pro přepravu materiálu v náročném terénu, kde by klasická kolová vozidla mohla mít problémy s trakcí. Klíčovým prvkem designu je pásový podvozek, který poskytuje vynikající stabilitu a nízký tlak na podloží, což je výhodné zejména v měkkém nebo bahnitém terénu. Stroj je vybaven hydrostatickým dieslovým pohonem o výkonu 34,3 kW, což zajišťuje dostatečný výkon pro efektivní přepravu s maximální rychlostí 11 km/h.

Jedním z hlavních konstrukčních prvků je otočná korba s možností vyklápění do stran, což umožňuje snadnější manipulaci s materiálem v omezených prostorech. Ergonomie stroje je posílena otočnou sedačkou a intuitivně rozmístěnými ovládacími prvky, které umožňují operátorovi vždy sledovat směr jízdy. Výhodou je také snadný přístup k motoru díky velkému servisnímu krytu, což zjednodušuje údržbu a prodlužuje životnost stroje.[5]

Z hlediska designu působí YANMAR C30R-3TV robustně a funkčně. Červená barva jasně signalizuje příslušnost k značce Yanmar a zároveň zajišťuje dobrou viditelnost na staveništi. Pásový podvozek dodává stroji masivní vzhled a naznačuje jeho schopnost pohybu v extrémních podmínkách. Celkově tento dumper kombinuje odolnost, vysokou trakci a promyšlenou ergonomii, což jej činí ideálním pro přepravu materiálu v terénu s obtížným přístupem.



Obr. 2-5 Yanmar C30R-3TV [5]

JCB 3TE

Dumper JCB 3TE je plně elektrický tří tunový stroj navržený pro efektivní manipulaci s materiálem na stavbách s důrazem na ekologii a nízkou hlučnost. Jeho elektrický pohon eliminuje emise na místě použití, což jej činí ideálním pro práce v uzavřených prostorech nebo v oblastech citlivých na hluk.

Stroj je vybaven dvěma elektromotory: jeden o výkonu 22,3 kW pohání pojezd, zatímco druhý s výkonem 16,1 kW zajišťuje hydraulické funkce, včetně řízení a ovládání korby. Tato konfigurace poskytuje dostatečný výkon pro náročné stavební operace.

Design 3TE klade důraz na bezpečnost a komfort obsluhy. Otevřená kabina s ochranným rámem ROPS zajišťuje základní ochranu při převrácení. Ergonomicky rozmístěné ovládací prvky a multifunkční displej usnadňují ovládání a poskytují přehled o stavu baterie a funkcích stroje. [6]

Vizuálně stroj odpovídá moderním trendům v designu stavebních strojů. Kombinace žluté a černé barvy nejen odráží firemní identitu JCB, ale také zvyšuje viditelnost na staveništi. Robustní kola a kompaktní rozměry naznačují schopnost pohybu v různorodém terénu. Celkově JCB 3TE spojuje ekologický provoz, vysoký výkon a promyšlený design, což z něj činí vhodný stroj pro moderní stavební projekty.



Obr. 2-6 JCB 3TE [6]

BERGMANN C804e

Dumper Bergmann C804e je kompaktní a všestranný elektrický stroj navržený pro efektivní přepravu materiálu na staveništích s omezeným prostorem. S nosností až 3,5 tuny nabízí dostatečnou kapacitu pro náročné úkoly, přičemž jeho plně elektrický pohon zajišťuje provoz bez emisí a nízkou hlučnost, což je ideální pro práce v citlivých oblastech a v městském prostředí.

Jednou z klíčových vlastností modelu C804e je jeho modularita. Stroj lze vybavit různými typy korby, včetně kulaté sklápěcí nebo třístranné sklápěcí korby, což umožňuje přizpůsobení konkrétním potřebám přepravy sypkých či kusových materiálů.

Pro zvýšení bezpečnosti a komfortu operátora je C804e vybaven otočnou kabinou, která umožňuje 360° výhled. Tato funkce nejen zlepšuje přehled o pracovním prostoru, ale také usnadňuje manévrování a zvyšuje efektivitu práce.

Díky své výšce menší než 2 metry je tento dumper ideální pro použití v nízkých prostorech, jako jsou podzemní garáže nebo tunely. Jeho robustní ocelový rám a pohon všech kol zajišťují odolnost a spolehlivost i v náročných podmínkách. Elektrický pohon navíc umožňuje tichý provoz, což je výhodné v oblastech s omezením hluku.[7]

Celkově Bergmann C804e kombinuje ekologický provoz, flexibilitu a moderní design, čímž představuje efektivní řešení pro současné stavební projekty s důrazem na udržitelnost a efektivitu.



Obr. 2-7 Bergmann C804e [7]

WACKERNEUSON DV45

Dumper Wacker Neuson DV45 představuje inovativní řešení v oblasti stavebních strojů, zejména díky své otočné kabině, která umožňuje rotaci o 180 stupňů. Tato funkce umožňuje operátorovi snadno měnit směr pohledu a jízdy bez nutnosti otáčení celého stroje, což zvyšuje efektivitu a bezpečnost práce na staveništi. Rotace kabiny je ovládána jednoduše stisknutím tlačítka na pravém joysticku, což umožňuje plynulý přechod mezi různými pracovními pozicemi.

Kromě otočné kabiny je DV45 vybaven hydraulicky ovládanou korbou s bočním vyklápěním, která umožňuje přesné a flexibilní vykládání materiálu i v omezených prostorech. Stroj disponuje nosností až 4 200 kg a objemem korby 2,4 m³, což jej činí vhodným pro širokou škálu stavebních aplikací.

Pohon zajišťuje hydrostatický čtyřkolový pohon s ECO režimem, který poskytuje plynulou jízdu a optimalizuje spotřebu paliva. Kompaktní rozměry stroje, s délkou 4 400 mm a šířkou 1 780 mm, umožňují snadné manévrování i v stísněných prostorech.[4]

Z hlediska designu kombinuje DV45 robustní konstrukci s moderními prvky, které zajišťují jak funkčnost, tak estetiku. Otočná kabina nejen zvyšuje praktičnost stroje, ale také přispívá k jeho inovativnímu vzhledu, který odráží současné trendy v oblasti stavební techniky.



Obr. 2-8 Wacker Neuson DV45 [4]

MECALAC eMDX

Mecalac eMDX je prvním 100% elektrickým šestitunovým dumperem na světě, který kombinuje nulové emise s vysokým výkonem a bezpečností. Tento stroj je navržen tak, aby splňoval rostoucí poptávku po ekologicky šetrných stavebních zařízeních bez kompromisů v produktivitě. Díky baterii o kapacitě 75 kWh je schopen nepřetržitého provozu po dobu nejméně osmi hodin na jedno nabití. Rychlé nabíjení umožňuje snadné doplnění energie během pracovních přestávek, což zajišťuje minimální prostoje. [8]

Design eMDX zajišťuje tichý a bezemisní provoz, což je zvláště výhodné v městských oblastech a na místech citlivých na hluk. Kromě ekologických výhod nabízí eMDX také vysokou úroveň bezpečnosti a výkonu, což z něj činí ideální volbu pro moderní stavební projekty.

Při pohledu na design zaujme Mecalac eMDX na první pohled svým nestandardním barevným provedením, které se záměrně odlišuje od tradiční palety stavebních strojů. Namísto klasické žluté nebo oranžové je použit moderní tmavý odstín s akcenty kontrastních prvků, čímž stroj získává elegantní a současně technologicky pokročilý vzhled. Tento designový přístup podtrhuje jeho elektrický charakter a zároveň napomáhá vizuálnímu odlišení na trhu s převážně konvenční technikou.

Tvarové řešení stroje pracuje s plynulými, přecházejícími křivkami a ostrými hranami tam, kde je třeba zdůraznit robustnost a pevnost. Kabina působí kompaktně a chráněně, přičemž její geometrie podporuje výborný výhled obsluhy do pracovního prostoru. Design korby a podvozkových částí je racionální a funkční, přesto však zachovává vizuální vyváženost celku. Celkový vzhled stroje tak odráží snahu propojit technickou funkčnost s moderní estetikou, čímž Mecalac eMDX vystupuje jako zástupce nové generace stavební techniky, která v sobě kombinuje výkon, udržitelnost a promyšlený vizuální styl.



Obr. 2-9 Mecalac eMDX [8]

MECALAC REVOTRUCK

Mecalac REVOTRUCK představuje výrazný milník v oblasti designu a konstrukce stavební techniky, a to nejen díky svým technickým parametrům, ale především díky unikátnímu přístupu k ergonomii, funkčnosti a vizuálnímu pojetí. Tento stroj získal prestižní ocenění Red Dot Design Award – „Best of the Best“, což podtrhuje jeho výjimečnost mezi konkurencí a potvrzuje, že se nejedná pouze o inovaci po stránce technické, ale také o důsledně promyšlený a vizuálně působivý produkt.

REVOTRUCK je k dispozici ve dvou provedeních, která se liší svou užitečnou nosností 6 tun a 9 tun, čímž pokrývá široké spektrum pracovních požadavků od městských výkopových prací až po rozsáhlejší terénní projekty. Zásadním prvkem, který odlišuje tento model od ostatních dumperů na trhu, je plně otočná kabina, která umožňuje úplnou rotaci o 360°. Tato konstrukce zásadně mění způsob řízení a kontroly nad strojem a to tak, že má operátor vždy výhled směrem jízdy, což zvyšuje jak bezpečnost, tak pracovní efektivitu.

Podvozková platforma stroje je dalším klíčovým inovativním prvkem. REVOTRUCK disponuje přepínatelným řízením, které zahrnuje tři režimy: přední náprava, řízení všemi koly a krabí chod (boční posun). Tato funkce umožňuje mimořádnou manévrovatelnost i v extrémně stísněných podmínkách, kde běžné dumpery nedostačují. Díky této technologii dosahuje stroj až dvakrát menšího poloměru otáčení než jiné stroje ve stejné kategorii nosnosti, což jej činí ideálním nástrojem pro práci ve složitém terénu, na staveništích s omezeným prostorem nebo v městském prostředí.[9]



Obr. 2-10 Mecalac REVOTRUCK [9]

COMB DUMP TRUCK

COMB Dump Truck představuje vizionářský koncept autonomního dumperu, který ukazuje, jak by mohla vypadat budoucnost bezobslužné a maximálně efektivní přepravy materiálu na staveništích. Tento návrh kombinuje pokročilé technologie s inspirací z přírody, konkrétně ze světa mravenců, jejichž systém práce a spolupráce sloužil jako výchozí bod pro celkové funkční pojetí stroje.

Zásadní inovací je modulární systém výměny nákladních korb, který umožňuje každému vozidlu přepravovat více výměnných nákladových jednotek. Zatímco jedna korba je ve fázi plnění nebo vykládky, stroj se bez zdržení vrací s jinou, čímž dramaticky klesá doba prostojů a zvyšuje se celková efektivita logistického řetězce na stavbě. Tento přístup umožňuje nepřetržitý provoz a zajišťuje plynulé navazování jednotlivých pracovních cyklů.

COMB Dump Truck je navržen jako plně autonomní stroj, který se pohybuje po předem definovaných trasách za pomoci GPS navigace a pokročilých senzorických systémů. Díky tomu není nutná přítomnost řidiče, a celý proces přepravy probíhá bez přímého lidského zásahu. Tento aspekt nejen snižuje nároky na pracovní sílu, ale zároveň zvyšuje přesnost a bezpečnost v rámci organizace staveniště.

Design stroje je čistě funkční, ale zároveň velmi systémový a uvažující v celcích – jednotlivé korby jsou stohovatelné a manipulace s nimi je automatizována, což vytváří z dumperu součást širšího autonomního ekosystému. I když se COMB Dump Truck v současnosti nachází pouze ve fázi konceptu, představuje zajímavý a důležitý krok směrem k plně automatizované stavební logistice, kde bude minimalizace prostojů, chytrá koordinace a efektivní využití prostředků hrát hlavní roli.[10]



Obr. 2-11 Koncept COMB Dump Truck [10]

2.2.3 Technická analýza

Technická analýza hraje klíčovou část při návrhu designu stroje, představuje nezbytný základ pro návrh funkčního, efektivního a bezpečného elektrického stavebního dumperu. Cílem této části je systematicky zhodnotit technické požadavky, omezení a specifika spojená s vývojem stroje schopného provozu v náročném terénu i v uzavřených prostorách, jako jsou staveniště nebo průmyslové haly.

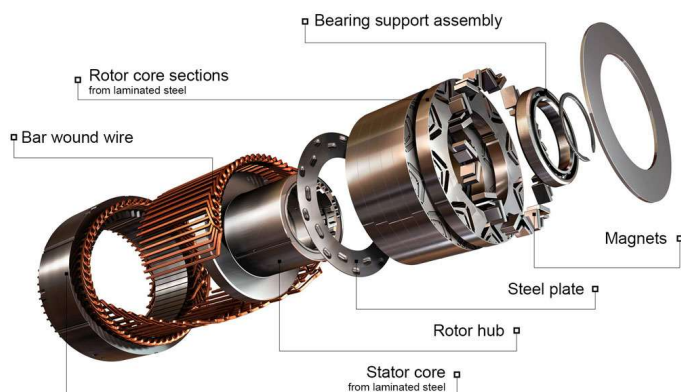
Vzhledem k rostoucím nárokům na ekologičnost provozu a snižování emisí, je elektrický pohon v oblasti stavebních strojů stále aktuálnějším tématem. Tato analýza má za úkol prověřit, jaké konstrukční řešení, komponenty a technické přístupy jsou vhodné pro dosažení požadovaného výkonu a spolehlivosti stroje s užitečnou nosností 2,5 až 3 tun.

Pohonné jednotky

Vzhledem k požadavkům na konstrukci elektrického stavebního dumperu s užitečnou nosností 3 tun bylo nutné navrhnout samostatné pohonné jednotky pro pojezd vozidla a pro pohon hydraulického systému. Tento přístup umožňuje optimalizaci výkonu, účinnosti i flexibility celého systému.

Pohon stroje

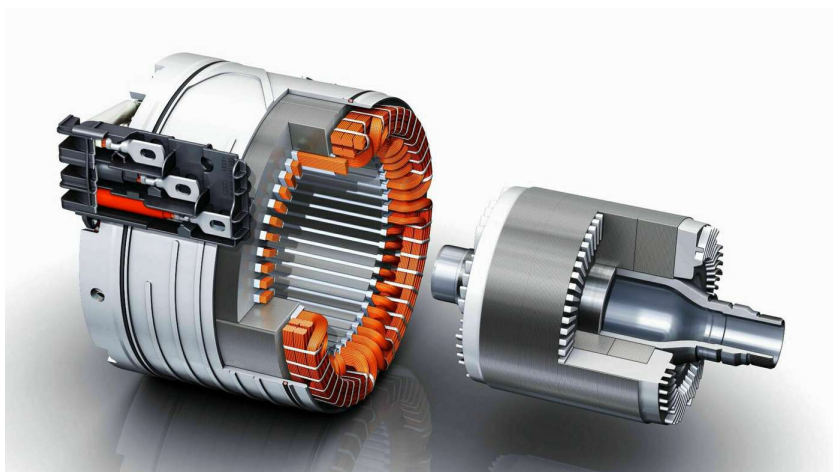
Trakční motor zajišťuje samotný pohon kol stroje prostřednictvím převodu a náprav. Vhodným typem se ukázal být třífázový synchronní motor s permanentními magnety (tzv. PMSM), který vyniká vysokou účinností, kompaktními rozměry a dobrými regulačními vlastnostmi. Pro potřeby tohoto dumperu se počítá s trvalým výkonem v rozmezí 15 až 20 kW a krátkodobým špičkovým výkonem až 30 kW. Pracovní napětí motoru se pohybuje mezi 80 a 120 volty, přičemž maximální otáčky činí přibližně 3500 otáček za minutu. Pro dosažení požadovaného točivého momentu, který může dosahovat až 150 Nm, je motor dimenzován na délku zhruba 300 až 400 mm a průměr přibližně 200 až 250 mm. Hmotnost motoru se pohybuje mezi 35 a 50 kilogramy v závislosti na provedení a způsobu chlazení, které může být buď kapalinové, nebo vzduchové.[11; 12]



Obr. 2-12 PMSM Motor [12]

Pohon hydrauliky

Druhý motor slouží k pohonu hydraulického čerpadla, které zásobuje tlakem jednotlivé válce určené pro otáčení a sklápění korby. V tomto případě se jako nejvhodnější jeví použití asynchronního motoru s klecovým rotorem, který je robustní, jednoduchý na údržbu a dobře odolává častým změnám zatížení. Výkon tohoto motoru se pohybuje v rozmezí 7 až 10 kW podle požadavků na průtok a tlak v systému. V závislosti na konkrétním systému může být pracovní napětí buďto střídavé 400 V, nebo stejnosměrné 80 až 120 V. Otáčky motoru se typicky pohybují mezi 1500 a 3000 za minutu, přičemž krouticí moment dosahuje přibližně 30 až 50 Nm. Rozměrově se motor pohybuje kolem 250 až 300 mm na délku a 180 až 220 mm v průměru. Jeho hmotnost bývá mezi 25 a 40 kilogramy a chlazení je zpravidla vzduchové, případně doplněné o ventilátor.[11; 13]



Obr. 2-13 Asynchronní motor [13]

Baterie

Jedním z klíčových konstrukčních rozhodnutí při návrhu elektricky poháněného stavebního stroje je volba vhodného bateriového systému. Baterie ovlivňují nejen celkovou výdrž stroje na jedno nabití, ale také jeho hmotnost, rozmístění hmoty, provozní stabilitu, a v neposlední řadě bezpečnost a možnosti údržby. Vzhledem k provozním nárokům, které vyžadují spolehlivý výkon po dobu minimálně jedné pracovní směny, je nezbytné zvolit řešení, které bude dostatečně výkonné a zároveň konstrukčně proveditelné.

Současné trendy

V posledních letech dochází v oblasti bateriových systémů k výraznému technologickému pokroku, který přímo ovlivňuje vývoj elektromobility i elektrifikaci stavebních strojů. Výrobci jako Volvo Trucks a další průmysloví lídři investují do výzkumu s cílem zvýšit energetickou hustotu baterií, zkrátit dobu nabíjení a prodloužit jejich životnost. Tyto parametry jsou klíčové pro spolehlivý provoz strojů v náročných podmínkách a pro efektivní využití elektrických vozidel během celodenní směny.[1]

Jedním z nejvýraznějších směrů vývoje je přechod od tradičních lithium-iontových článků k pokročilejším technologiím, jako jsou NMC baterie (nikl-mangan-kobalt), které nabízí vyšší kapacitu při menších rozměrech. Další perspektivní oblastí je vývoj pevného elektrolytu (solid-state batteries), který slibuje výrazně vyšší bezpečnost, odolnost vůči teplotním výkyvům a možnost výrazného prodloužení životnosti baterií.[14]

V neposlední řadě je stále větší důraz kladen na udržitelnost a recyklovatelnost bateriových článků, a to jak z pohledu použitých materiálů, tak jejich druhotného využití. Velcí výrobci proto hledají alternativy k materiálům jako je kobalt a soustředí se na baterie s delší životností, jejichž ekologická stopa je výrazně nižší.

Lithium-iontová baterie

Pro napájení navrženého elektrického dumperu byl zvolen bateriový systém T350V-50 od společnosti American Battery Solutions s kapacitou 52 kWh a výstupním napětím 354 V. Tento výkon je dostatečný pro zajištění provozu stroje během celé osmihodinové směny i při náročnějším využití v terénu [15].

Baterie využívá kapalinové chlazení, které zajišťuje stabilní teplotní podmínky i při dlouhodobém zatížení, čímž prodlužuje životnost článků a udržuje stabilní výkon. Kompaktní rozměry 1360 × 769 × 274 mm umožňují efektivní integraci do rámu stroje a zároveň přispívají k nízkému těžišti a snadnému servisnímu přístupu.

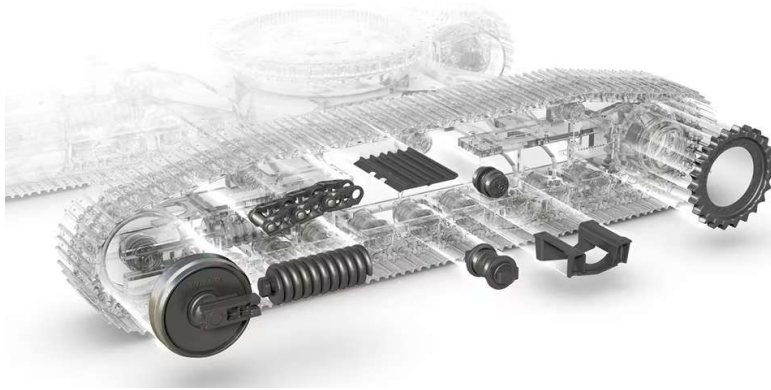
Systém splňuje bezpečnostní standard ASIL-C a je chráněn stupněm krytí IP67, což zaručuje odolnost vůči prachu i vodě. Baterie je navržena pro náročné podmínky a spolu s pokročilým BMS systémem nabízí spolehlivý a bezpečný provoz.[16]

Podvozek

Při návrhu mobilního stavebního stroje je jedním z klíčových konstrukčních rozhodnutí volba mezi kolovým a pásovým podvozkem. Každá z variant nabízí specifické výhody nevýhody, které se liší v závislosti na způsobu použití, terénních podmínkách a požadavcích na údržbu.

Pásový podvozek

Poskytuje velmi dobré trakční vlastnosti, zvláště v měkkém nebo nerovném terénu. Díky velké styčné ploše s povrchem rovnoměrně rozkládají hmotnost stroje, čímž snižují měrný tlak a zabraňují zaboření. Jsou tedy vhodné pro práci v extrémních podmínkách, jako jsou písčité nebo rozbahněné plochy. Na druhé straně mají vyšší pořizovací i provozní náklady, jsou pomalejší, hlučnější na tvrdém povrchu a vyžadují pravidelnou údržbu napínacího a vodícího systému.



Obr. 2-14 Pásový podvozek [17]

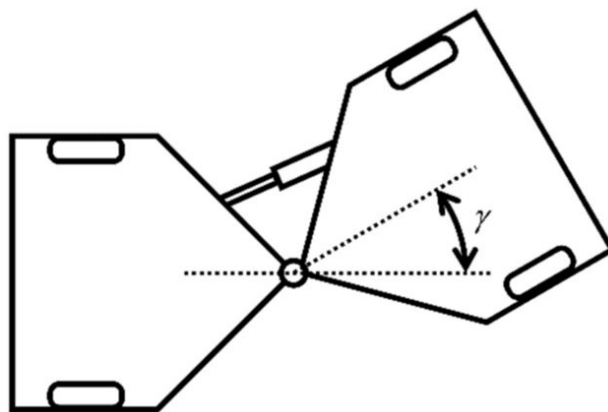
Kolový podvozek

Oproti pásovým vynikají vyšší rychlostí přesunu, jednodušší konstrukcí a nižšími náklady na údržbu. Jsou vhodné pro kombinovaný provoz v terénu i na zpevněných plochách, kde nabízí lepší komfort, menší valivý odpor a nižší hlučnost. Výměna pneumatik je výrazně jednodušší než oprava nebo výměna pásů. Kolový podvozek také umožňuje přesnější řízení a celkově nižší konstrukční složitost.

Na základě očekávaného nasazení dumperu v různorodém terénu, včetně stavenišť, vnitřních prostor a zpevněných ploch, byla zvolena kolová varianta, která nabízí nejlepší poměr mezi mobilitou, trakcí a údržbou. Finální výběr padl na pneumatiky 10.5/80-15.3, které jsou široce používané u malých až středně velkých stavebních a zemědělských strojů. Tyto pneumatiky kombinují dobré tlumení vibrací, schopnost jízdy v terénu i přiměřenou šetrnost ke zpevněnému podkladu. Šířka 10.5 palců a průměr ráfku 15.3 palců umožňují osadit robustní terénní dezén, zatímco profil 80 zajišťuje dostatečnou výšku bočnice pro absorpci nerovností.[18]

Kyvadlový kloub

Kyvadlový kloub, jakožto centrální prvek konstrukce dumperu s kloubovým řízením, zajišťuje propojení přední a zadní části stroje a umožňuje jejich vzájemné natáčení ve vodorovné rovině. Tento princip řízení je často využíván u strojů určených do náročného terénu, neboť výrazně zlepšuje manévrovatelnost vozidla, a to zejména v omezených prostorových podmínkách. Řízení pomocí kloubu výrazně zkracuje poloměr otáčení a přináší výhody při manipulaci na staveništi, zároveň však může ovlivňovat stabilitu při vyšších rychlostech kvůli možné tendenci k bočním kmitům. [19]



Obr. 2-15 Zatáčení kyvadlovým kloubem[20]

Korba

Korba je jedním z nejzásadnějších funkčních prvků celého dumperu, protože přímo určuje jeho přepravní kapacitu a způsob manipulace s materiálem. Vzhledem k navržené užitečné nosnosti stroje 2,5 až 3 tuny je nutné, aby korba pojala odpovídající objem sypkého nebo kusového materiálu, aniž by došlo k přetížení nebo ovlivnění stability vozidla. Objem by se měl u takto dimenzovaného stroje pohybovat přibližně mezi 1,5 až 1,8 m³, přičemž hodnota se může měnit v závislosti na typu přepravovaného materiálu.

Za předpokladu, že je má korba tvar lichoběžníkového hranolu, jde potřebný objem korby odhadnout jednoduchým matematickým modelem:

$$V = \frac{(b * h + B * h)}{2} * L$$

Kde:

- V – Objem korby [m³]
- b – Šířka dna [m]
- B – Šířka horní části [m]
- h – Výška stěny [m]
- L – Délka korby [m]

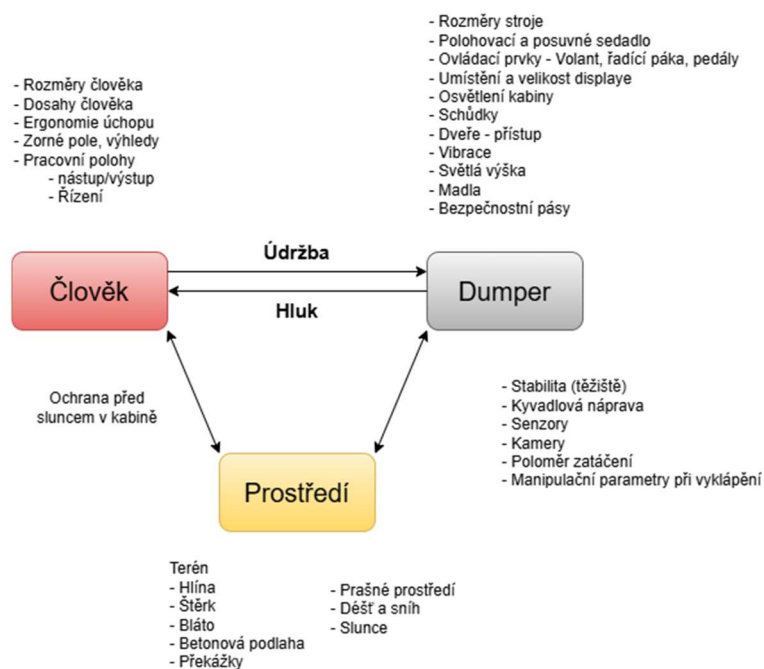
Z hlediska rozměrů korby musí být zajištěna nejen kapacita, ale také možnost efektivního vyklopení nákladu. Pro dosažení úplného vyprázdnění obsahu se korba sklápí pod úhlem minimálně 45°, ideálně však mezi 50° až 60°. Vyšší úhel sklopení pomáhá při uvolnění vlhkého nebo těžkého materiálu, který má tendenci ulpívat na dně korby. V konstrukci je proto důležité zohlednit jak samotný mechanismus sklápění (zpravidla pomocí hydraulického válce), tak i jeho polohu, aby bylo dosaženo správné páky a vyváženého pohybu.[21]

Povrch korby by měl být, pokud možno hladký a s minimem záhybů, aby se zamezilo usazování materiálu. V praxi se běžně používají ocelové plechy o tloušťce 4–6 mm, případně s dodatečnými výztuhami v namáhaných zónách. U některých konstrukcí je korba navíc otočná do stran, což zvyšuje flexibilitu při vykládce, v tomto případě je nutné zajistit stabilitu stroje i při bočním sklopení.

2.2.4 Ergonomická analýza

Ergonomická analýza představuje důležitou fázi návrhového procesu, která slouží k optimalizaci vztahu mezi člověkem, strojem a pracovním prostředím. Jejím hlavním cílem je zajistit bezpečné, pohodlné a efektivní ovládání stroje, a tím přispět nejen ke zvýšení produktivity práce, ale také ke snížení fyzické a psychické zátěže obsluhy. Zohledňuje přitom jak fyzické parametry člověka (rozměry těla, dosahy, zorné pole), tak jeho smyslové vnímání a přirozené pohybové možnosti. Ve výsledku pomáhá tato analýza předcházet zbytečným ergonomickým chybám a snižuje riziko pracovních úrazů či únavy.

Zobrazené ergoschéma (viz Obr. 2-17) slouží jako přehledná vizualizace vzájemného vztahu mezi třemi klíčovými složkami — člověkem, strojem (dumperem) a prostředím. Zachycuje hlavní oblasti interakce a jejich vliv na ergonomii a funkčnost celého systému. Poukazuje na faktory jako jsou pracovní polohy, přístup do kabiny, ovládací prvky, ale také vlivy vnějšího prostředí – terén, počasí, osvětlení. Schéma zároveň ukazuje obousměrnou vazbu mezi člověkem a strojem z hlediska údržby a hluku, což podtrhuje komplexnost návrhu a nutnost systémového přístupu. Slouží jako základní rámec pro navrhování jednotlivých ergonomických detailů stroje.



Obr. 2-16 Ergoschéma

2.3 Identifikace novosti a příležitosti

Na současném trhu stavební techniky lze pozorovat rostoucí tlak na ekologizaci provozu, zvýšení bezpečnosti obsluhy a zároveň optimalizaci pracovního komfortu. V tomto prostředí vzniká prostor pro nová řešení, která reflektují nejen technologický pokrok, ale i změnu myšlení v oblasti udržitelnosti a designu. Například elektrický pohon se z alternativy postupně stává standardem, zejména v městském a uzavřeném prostředí, kde jsou požadavky na emise a hluk stále přísnější. Tato změna vytváří příležitost pro inovaci stavebních strojů nejen z hlediska technologie, ale také jejich vzhledu, ergonomie a interakce s uživatelem.

Tradiční koncepce dumperů se ve většině případů zaměřuje na funkci a výkon, často však s výrazným kompromisem v oblasti vizuální identity, přehlednosti kabiny a přístupnosti ovládacích prvků. Právě zde se otevírá prostor pro uplatnění nového přístupu – spojení čistého, čitelného designu se smysluplnou ergonomií a ekologickým pohonem. Cílem není pouze vytvořit jiný vzhled stroje, ale navrhnout celek, který bude reagovat na skutečné potřeby uživatele i okolního prostředí. To zahrnuje například výrazně lepší výhled z kabiny, snadnější údržbu, intuitivní vstup do stroje nebo zohlednění vizuálního jazyka elektromobility, který dosud v tomto segmentu téměř chybí.

Identifikované příležitosti tak spočívají v kombinaci více faktorů: rozpoznání nedostatků současných produktů, sledování aktuálních trendů v oblasti elektrifikace a udržitelnosti a snaze navrhnout řešení, které nejenže dobře funguje, ale zároveň působí důvěryhodně, současně a zapamatovatelně. Právě tyto principy se staly výchozím bodem pro vývoj vlastního designu elektrického dumperu, který odpovídá požadavkům moderního stavebnictví.

3 CÍLE PRÁCE

Tato kapitola se zaměřuje na definici cílů práce vycházejících z poznatků získaných z rešerše. Pro podrobnější specifikaci cílů je nezbytné produkt klasifikovat a určit potenciálního zákazníka, spotřebitele i trh, na kterém by produkt mohl najít své uplatnění.

3.1 Vymezení problému

3.1.1 Název produktu a jeho klasifikace

Tématem diplomové práce je stavební dumper na elektrický pohon, který bude schopný vozit 2,5 až 3 tuny převážně sypkého materiálu na krátké vzdálenosti. Tento stroj by měl nabídnout vysokou flexibilitu v provozu díky své schopnosti pohybovat se jak v náročném terénu, tak ve vnitřních prostorech, kde je omezený přístup vzduchu nebo je požadován nízký hlukový dopad.

Stroj lze kategorizovat jako průmyslový výrobek, vzhledem k jeho charakteru dále jako stavební investiční zařízení.

3.1.2 Specifikace zákazníka

Na místo zákazníka volím fiktivní firmu specializující se na výrobu stavebních strojů, podobnou například společností JCB, Mecalac, Wacker Neuson a jiné, jelikož zadání diplomové práce konkrétního zákazníka neuvádí. Jedná se o firmu, která by měla zájem snižovat uhlíkovou stopu na staveništích a konkurovat ostatním výrobcům prostřednictvím inovativních řešení.

3.1.3 Specifikace spotřebitele

Spotřebitelem elektrického dumperu je především stavební firma, která jej využívá ke snadné a efektivní přepravě materiálů na krátké vzdálenosti v rámci staveniště. Takové stroje ocení především střední a velké stavební společnosti, které kladou důraz na ekologii a efektivitu práce. Výhodou elektrického pohonu je nejen nízká hlučnost a nulové emise, ale také úspora provozních nákladů, což může být přitažlivé i pro menší stavební firmy, které začínají řešit ekologický dopad svých projektů.

Dalším spotřebitelem je samotný řidič (operátor) dumperu, který dumper využívá k pracovním činnostem přímo v terénu. U dumperu je pro něj zásadní, aby stroj nabízel jednoduché a intuitivní ovládání, aby se v kabině cítil komfortně a v bezpečí a aby měl dostatečný přehled o jeho vnějším okolí a eliminoval jakákoliv bezpečnostní rizika.

3.1.4 Specifikace trhu, ceny a použitých výrobních technologií

Trh stavebních dumperů se zaměřuje především na oblasti s vysokou hustotou stavební činnosti, ekologickými předpisy a poptávkou po udržitelných řešeních. Klíčovými regiony jsou především vyspělé trhy v Evropě (Německo, Francie, Skandinávie) a Severní Americe, ale i rozvíjející se trhy v Asii. V mém případě pracuji převážně s Evropským trhem, ale ostatní nezamítám.

Za předpokladu využití nejnovějších technologií spolu s přídavnými funkcemi dumperu by se cena stroje mohla pohybovat okolo 2,2 – 2,8 mil. Kč, při čemž se předpokládá malosériová výroba.

Mezi nejhlavnější výrobní technologie použité v oblasti stavebních dumperů patří ohýbání a sváření plechů, lisování a tváření kovů a plastových krytů.

3.1.5 Vymezení problémů

Z rešerše vyplívá, že trend elektricky poháněných stavebních strojů stále narůstá, ovšem problémů s elektrickým pohonem je stále mnoho. Na základě poznatků z rešerše je vyhotovena následující tabulka přehledu atributů.

Charakteristika	Cíle	Omezení	Funkce	Příležitosti
Spolehlivost v náročných podmínkách	✓			
Použitelný na stavbách i ve členitém terénu	✓			
Otočná kabina řidiče	✓		✓	✓
Korba otočná do stran	✓	✓		
Ergonomický přístup do kabiny	✓	✓		
Možnost snadného a bezpečného servisu			✓	
Odolnost vůči prachu a blátu		✓		
Provozní doba alespoň 8 hodin na jedno nabití		✓		✓
Vhodný pro různé klimatické podmínky	✓	✓		
Kompaktní a snadno ovladatelný	✓		✓	
Přístup k motoru, hydraulice a bateriím	✓	✓		
Redukce vibrací a hluku v kabině	✓		✓	
Kompatibilita s různými nabíjecími stanicemi	✓	✓		✓

Tabulka 3-1 Přehled atributů

3.2 Cíle vývoje

Hlavním cílem této diplomové práce je navrhnout vizi elektrického stavebního dumperu s užitečnou nosností 2,5 až 3 tuny, který bude svými funkcemi, tvarem a rozměry reflektovat prostředí v němž se bude používat čili obtížný terén, ale i stavby ve vnitřních prostorech.

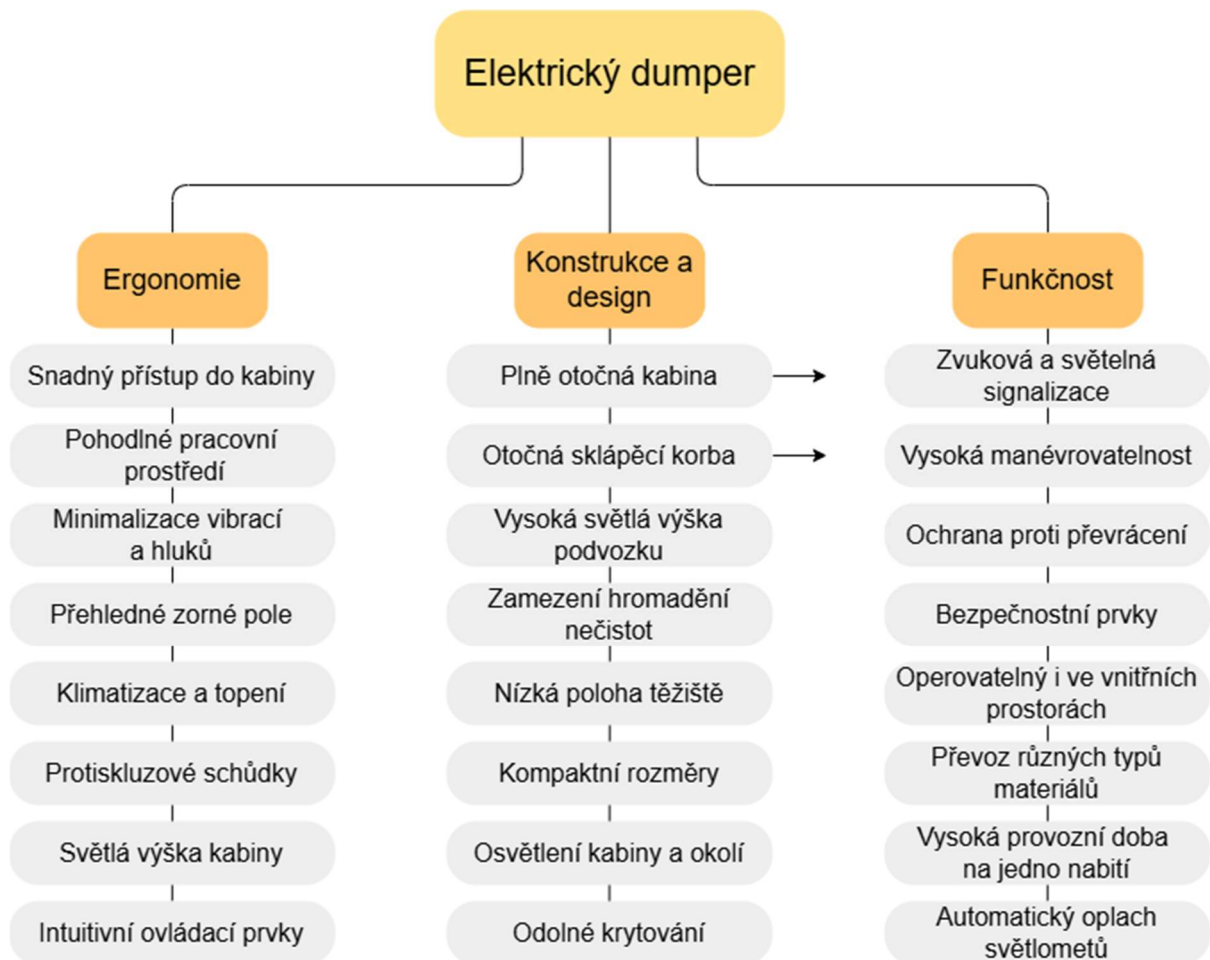
Dílčí cíle:

- Optimalizovat výhled z kabiny
- Umožnit bezpečný nástup/výstup
- Navrhnout ergonomicky zaměřený pracovní prostor obsluhy
- Klást důraz na kompaktnost a snadný převoz na stavenišť
- Usnadnit čištění a údržbu stroje

4 KONCEPČNÍ NÁVRH

4.1 Analýza cílů a specifikace omezení

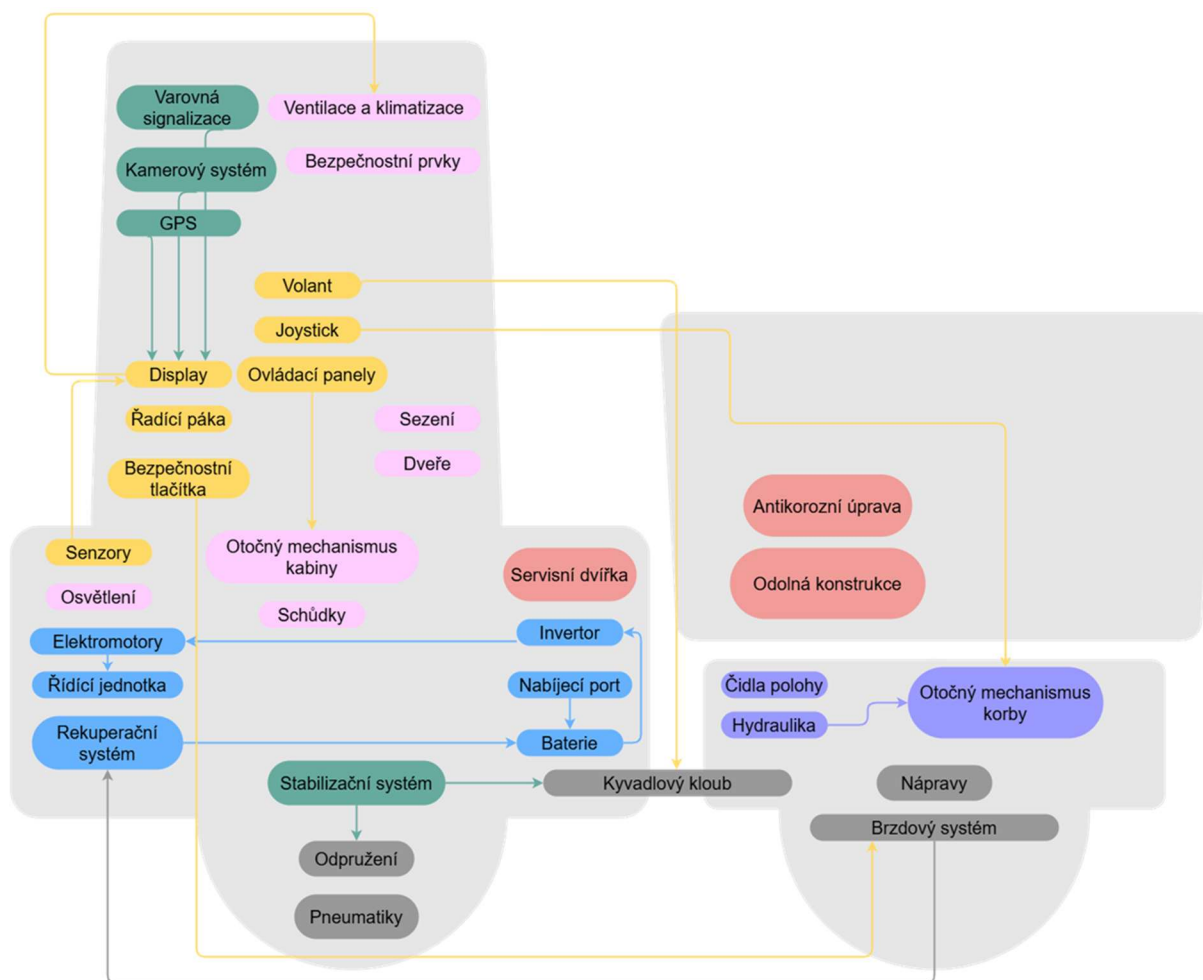
Z řady cílů a omezení předešlé kapitoly byl vytvořen strom cílů, ten slouží k hierarchickému seskupení cílů, které jsou vzájemně provázané a směřují k dosažení hlavního účelu návrhu (viz Obr. 4-1). Umožňuje strukturovat jednotlivé požadavky na funkčnost, ergonomii a konstrukci elektrického dumperu.



Obr. 4-1 Strom cílů

4.2 Technická a funkční analýza

Pro ujasnění vztahů mezi vnitřními komponenty stroje byl vyhotoven glassbox viz Obr. 4-2, ten integruje klíčové komponenty elektrického dumperu do jednoho celku. Jeho hlavním cílem je zefektivnit návrh a funkčnost stroje a zároveň zajistit maximální komfort a bezpečnost stroje.



Obr. 4-2 Glassbox stavebního dumperu

Systém elektrického pohonu je jedním z klíčových prvků glassboxu. Baterie s nabíjecím portem poskytují energii pro provoz stroje a díky rekuperačnímu systému je možné získávat část energie zpět. Řídící jednotka spolu s elektromotory zajišťují vysokou účinnost pohonu a přesné ovládání.

Mezi základní prvky kabiny patří varovná signalizace, kamerový systém a GPS, které přispívají k ochraně jak řidiče, tak jeho okolí. Ovládací systém zahrnuje volant, joystick, řadící páku a další panely, které umožňují přesné řízení stroje. Komfortní prvky, jako jsou ventilace, klimatizace a ergonomické sezení, zajišťují pohodlné pracovní prostředí i při dlouhodobém provozu.

4.3 Návrh alternativních řešení

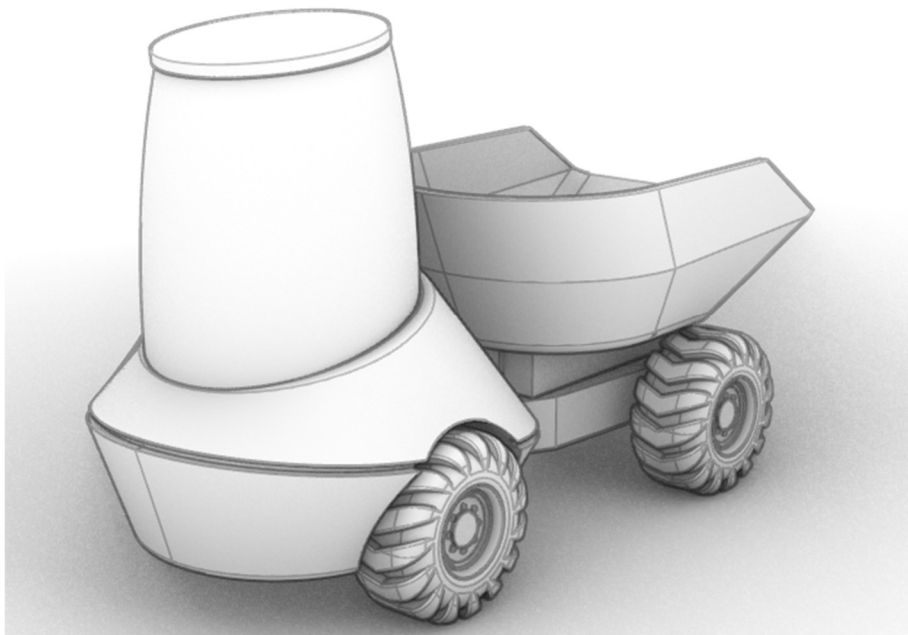
V následujícím kroku bylo vytvořeno několik skic určujících hrubé tvarování dumperu. V této fázi návrhového procesu byly vytvořeny desítky skic, jejichž cílem bylo stanovit hrubou vizuální podobu a prostorovou koncepci navrhovaného elektrického dumperu. Hlavní důraz byl kladen především na tvarování kabiny a kapotáže, tedy klíčových prvků určujících charakter a čitelnost celého stroje. Jednotlivé studie formy vycházely ze základních stanovených proporcí, které byly definovány užitnými požadavky a ergonomickými limity stroje.



Obr. 4-3 Skici

4.3.1 Varianta 1

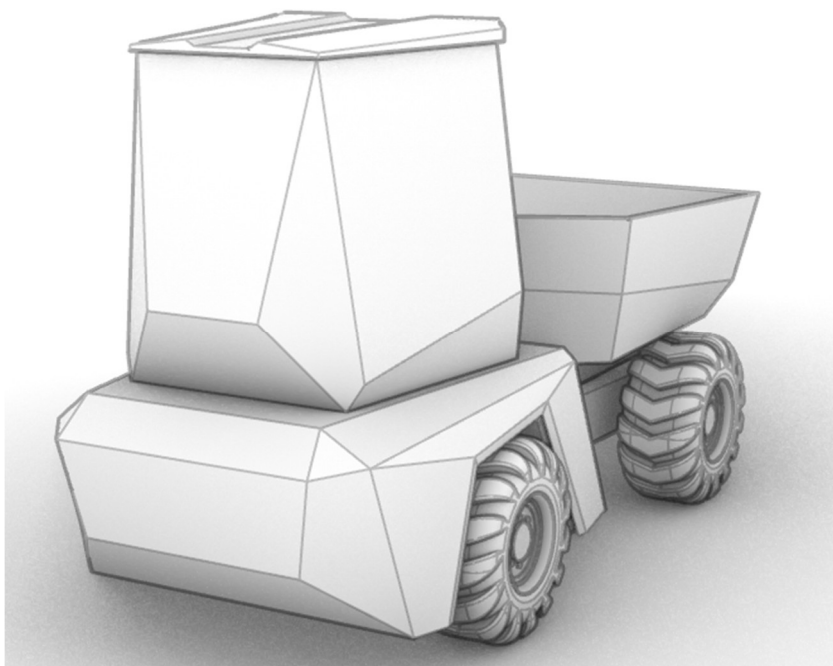
U první varianty (viz Obr. 4-4) byl kladen důraz na jednoduchost a kompaktnost, přičemž tvar kabinky vycházel z kužele. Tímto tvarováním bylo docíleno požadovaného rotačního vzhladu, který vystihuje funkci samotné kabiny. Oblý a plynulý tvar kapotáže klade důraz na snadnou manévrovatelnost a ochranu komponentů před vnějšími vlivy, což jej činí vhodným při práci v uzavřeném prašném prostředí.



Obr. 4-4 Varianta 1

4.3.2 Varianta 2

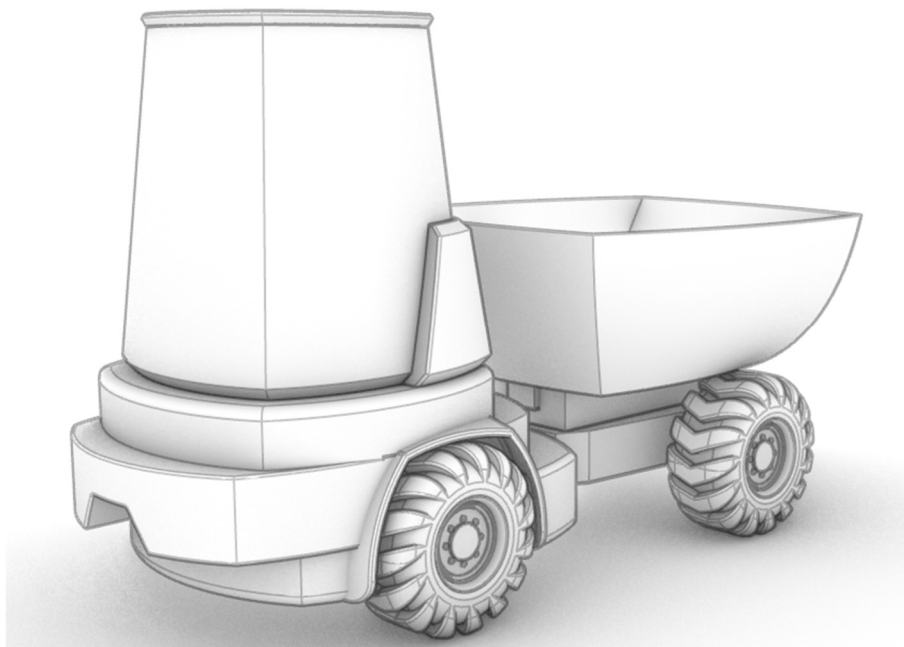
Druhý návrh představuje kontrastní přístup, vyznačující se ostrými liniemi a robustními proporcemi. Tento design je inspirován průmyslovým vzhledem, který odráží důraz na odolnost a snadnou výrobu. Hranaté tvary a jednoduché linie umožňují snazší výrobu jednotlivých komponentů, což přispívá k nižším nákladům na produkci. Tento návrh klade důraz na funkčnost a stabilitu, což jej činí ideálním pro práci ve složitém terénu.



Obr. 4-5 Varianta 2

4.3.3 Varianta 3

Třetí návrh kombinuje prvky obou přístupů a nabízí harmonické spojení oblých tvarů s ostrými detaily. Design se snaží dosáhnout rovnováhy mezi estetickou přitažlivostí a praktickou funkcí. Zaoblené části podporují aerodynamiku a snadné čištění, zatímco ostré prvky zdůrazňují konstrukční pevnost a moderní vzhled.



Obr. 4-6 Varianta 3

4.4 Analýza alternativních řešení a výběr nejlepšího

Všechny tři varianty byly hodnoceny dle následujících kritérií viz Tabulka 4-1.

Hodnocené kritéria (1-10)	Var I.	Var II.	Var III.
Snadná výroba a montáž	6	7	7
Inovativní design	8	6	5
Ergonomicky tvarovaná kabina	7	6	9
Odolná a stabilní konstrukce	7	8	7
Snadná údržba	8	7	6
Optimalizace tvaru	9	5	8
Přiznání elektrického pohonu	8	4	6
Bezpečnost nástupu (předběžná)	5	6	8
Optimální výhled z kabiny	9	8	9
Celkem:	67	57	65

Tabulka 4-1 Hodnocení alternativních řešení

5 PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH

5.1 Tvarové řešení

Pro podrobnější zpracování řešení byla vybrána Varianta 1, a to na popud dosažení nejvyššího počtu bodů v předešlé kapitole. Tvar první varianty se jevil nejperspektivněji a nejvhodněji k důkladnému zpracování. Navazující linie a sjednocený vzhled působil elegantně a skvěle kombinoval funkci otočné kabiny s dynamikou stroje.



Obr. 5-1 Předběžný návrh

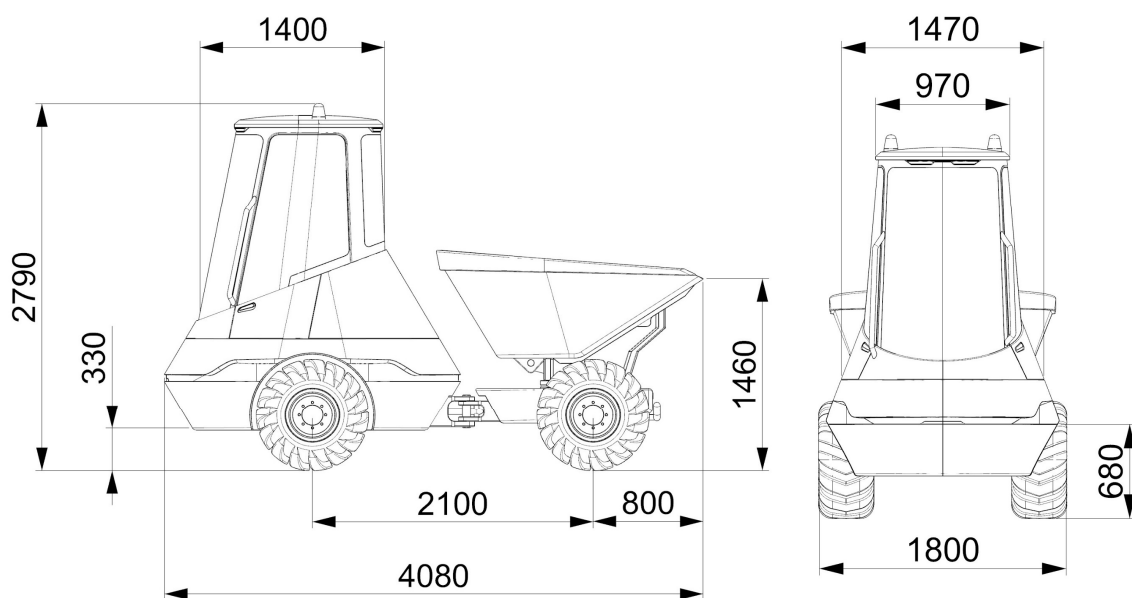
Při práci na předběžném návrhu byl model značně modifikován, nejpřednějším rozdílem oproti původní variantě je nekruhová podstava kabiny zaručující dostatečný prostor a pohodlí operátora dumperu. Dalšími změnami prošla i samostatná karoserie, ladně navazující na sklon kabiny, s vertikálním průřezem fungujícím jako pomocný schůdek při nástupu či výstupu.



Obr. 5-2 Otočná kabina z profilu

5.2 Rozměrové řešení

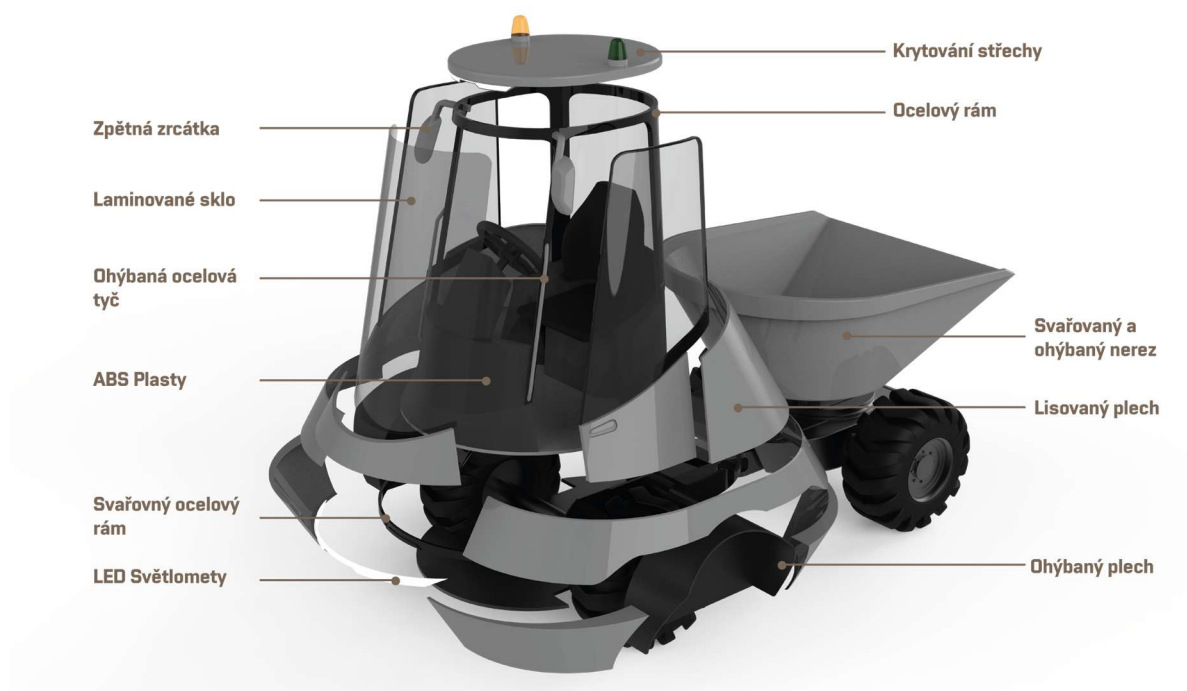
Rozměry byly voleny tak, aby respektovali jak kompaktnost a manévrovatelnost v náročném prostředí, tak bezpečí a pohodlí člověka. Velikost rozvoru kol 2100 mm při celkové délce stroje 4080 mm zajišťuje dobrou stabilitu při jízdě i sklápění nákladu. Celková výška 2790 mm umožňuje průjezd pod běžnými stavebními konstrukcemi a skladovými vraty.



Obr. 5-3 Rozměry předběžného návrhu

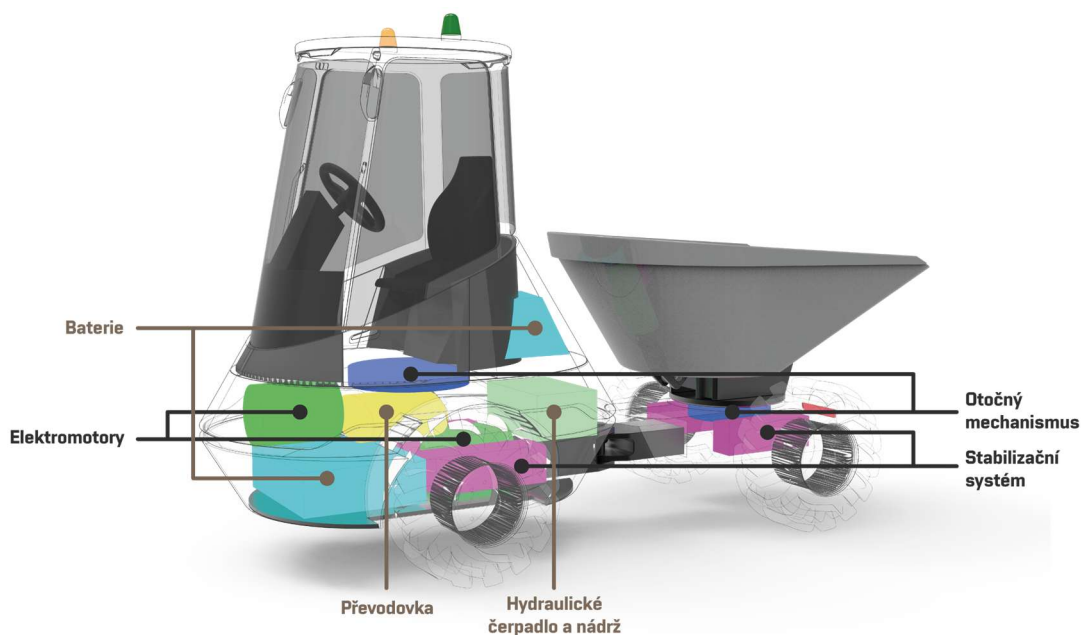
5.3 Materiálové řešení

Pro nosnou konstrukci byl využit svářený ocelový rám. Karoserie byla vytvořena z ohýbaného/lisovaného plechu. Kabina obsahuje antireflexní laminované sklo a ocelový rám. Korba je také vytvořena ohýbaným/lisovaným plechem. Interiér byl zhotoven vstříkáváním/lisováním ABS.



Obr. 5-4 Rozklad materiálů předběžného návrhu

Z pohledu technického uspořádání je v přední části pod kabinou umístěna bateriová jednotka, která dodává energii dvojici elektromotorů. Jeden z motorů slouží k pohonu kol pomocí převodovky, druhý pohání hydraulické čerpadlo, které zajišťuje zdvih a sklápění korby i otáčení kabiny. Hydraulická jednotka je spolu s nádrží umístěna v centrální části pod kabinou. Mezi přední a zadní částí je integrován otočný mechanismus, který umožňuje rotaci kabiny o 180°, čímž výrazně zvyšuje variabilitu ovládání stroje. Zadní část rámu obsahuje stabilizační systém a uchycení pro pracovní korbu.



Obr. 5-5 Průhledové schéma předběžného návrhu

5.4 Odhad výrobních nákladů a objemu výroby

Vzhledem k plánovanému výrobnímu objemu 500 kusů ročně byly výrobní náklady odhadovány na základě nejzásadnějších konstrukčních celků, mezi které patří zejména svařovaný rám, dvojice elektromotorů (pro pojezd a hydrauliku), akumulátory, kabina s otočným mechanismem, robustní hydraulika a elektronické řízení. Každý z těchto celků byl oceněn podle běžně dostupných komponent a výrobních nákladů s přihlédnutím k jejich výkonnostním parametrům a nárokům na bezpečnost a odolnost. Výsledná odhadovaná výrobní cena jednoho stroje činí 1 965 000 Kč.

Komponenty	Cena
Pohonný elektromotor	180 000 Kč
Hydraulický elektromotor	120 000 Kč
Baterie Li-Ion	550 000 Kč
Ocelový rám a konstrukční díly	280 000 Kč
Hydraulický systém a čerpadla	185 000 Kč
Podvozek, nápravy a kola	170 000 Kč
Elektronika a řídicí systém	130 000 Kč
Kabina	140 000 Kč
Lakování a povrchová úprava	40 000 Kč
Sestavení a montáž	170 000 Kč
CELKEM	1 965 000 Kč

Tabulka 5-1 Odhad výrobních nákladů

6 DETAILNÍ NÁVRH

Cílem této kapitoly je komplexně rozpracovat finální podobu stroje, která zohledňuje nejen funkční a technické požadavky, ale také uživatelské, estetické a environmentální aspekty. V jednotlivých podkapitolách jsou postupně rozebrány klíčové prvky návrhu – od tvarového a ergonomického řešení přes otázky bezpečnosti, hygieny a vizuální identity až po udržitelnost celého produktu. Závěrečná část kapitoly se zaměřuje na vyhodnocení důležitých parametrů a jejich vliv na funkčnost, ovladatelnost a přínos navrženého stroje v praxi. Tato fáze návrhu představuje syntézu všech dosavadních poznatků a zajišťuje, že výsledný produkt bude technicky proveditelný, vizuálně atraktivní, bezpečný a připravený k případné sériové výrobě.

6.1 Tvarové řešení

Finální tvarové řešení elektrického dumperu klade důraz na moderní, vyvážený a funkčně orientovaný design, který se odlišuje od tradičních strojů této kategorie. Dominantním prvkem celého návrhu je výrazná, plně prosklená otočná kabina s hladkými přechody mezi jednotlivými povrchy. Kabina svým organickým tvarem a plynulými liniemi zajišťuje maximální přehled o okolí a zároveň působí vizuálně odlehčeným dojmem, což napomáhá vnímání stroje jako kompaktního a snadno ovladatelného. Kabina je dynamicky tvarována tak, aby přirozeně navazovala na tělo stroje, čímž zajišťuje jak ochranu obsluhy, tak estetickou soudržnost celého návrhu.



Obr. 6-1 Perspektivní pohled v prostředí

Samotná karoserie stroje je rozdělena do dvou hlavních celků – otočné kabiny a spodní části s pohonnými a hydraulickými komponenty. Plynulé přechody mezi jednotlivými částmi jsou navrženy tak, aby nejen podtrhly celistvost tvarového řešení, ale také usnadnily výrobu a údržbu. Do designu byly začleněny technické detaily, jako jsou větrací otvory, ochranné kryty a integrované LED osvětlení, které zároveň zvyšují bezpečnost a vizuální atraktivitu stroje. Červené schůdky a madla byly zvoleny záměrně jako výrazný bezpečnostní prvek, který vizuálně navádí obsluhu při nástupu a výstupu.



Obr. 6-2 Perspektivní pohledy

Korba stroje navazuje na zaoblené linie kabiny, přičemž její tvar je optimalizován pro snadné a plynulé vysypávání materiálu. Robustní tvar podvozku a velká terénní kola podtrhují charakter pracovního stroje určeného pro pohyb v náročném terénu. Vizuálně zde vzniká zajímavý kontrast mezi dynamicky tvarovanou, hladkou a uzavřenou kabinou v přední části a otevřenou, technicky působící zadní částí stroje s odkrytým podvozkem a korbou. Tento kontrast byl tvořen záměrně, aby zdůrazňoval rozdílné funkce obou částí – bezpečný a komfortní prostor pro obsluhu vpředu a robustní pracovní část vzadu určená pro manipulaci s materiálem.



Obr. 6-3 Pohled zepředu a z boku

Dalším výrazným prvkem tvarového řešení je samotná otočná kabina, která zásadně rozšiřuje možnosti ovládání a zvyšuje bezpečnost provozu. Kabina je navržena tak, aby mohla plynule rotovat o 360°, čímž umožňuje operátorovi přizpůsobit pracovní pozici směru jízdy bez nutnosti otáčet celý stroj. Díky tomu je dosaženo lepšího přehledu při jízdě vpřed i vzad, při přesunu materiálu i manévrování na omezeném prostoru. Tento princip také zvyšuje ergonomii práce, jelikož operátor není nucen otáčet trupem nebo sedět ve zkroucené poloze při couvání.



Obr. 6-4 Presentace otočné kabiny

Tvar kabiny je z obou stran shodně tvarován, což opticky podporuje symetrii stroje a vizuálně podtrhuje jeho schopnost efektivně pracovat v obou směrech. Rotace kabiny je přitom konstrukčně nenápadně integrovaná do spodní části, kde navazuje na robustní základnu s výrazným vykrojením pro zajištění dostatečné světlé výšky a ochrany mechanických částí. Ergonomicky rozmístěné madlo a přehledné ovládací prvky zůstávají snadno dostupné v jakékoliv otočené poloze, čímž se eliminuje potřeba opouštět kabinu při změně směru jízdy.



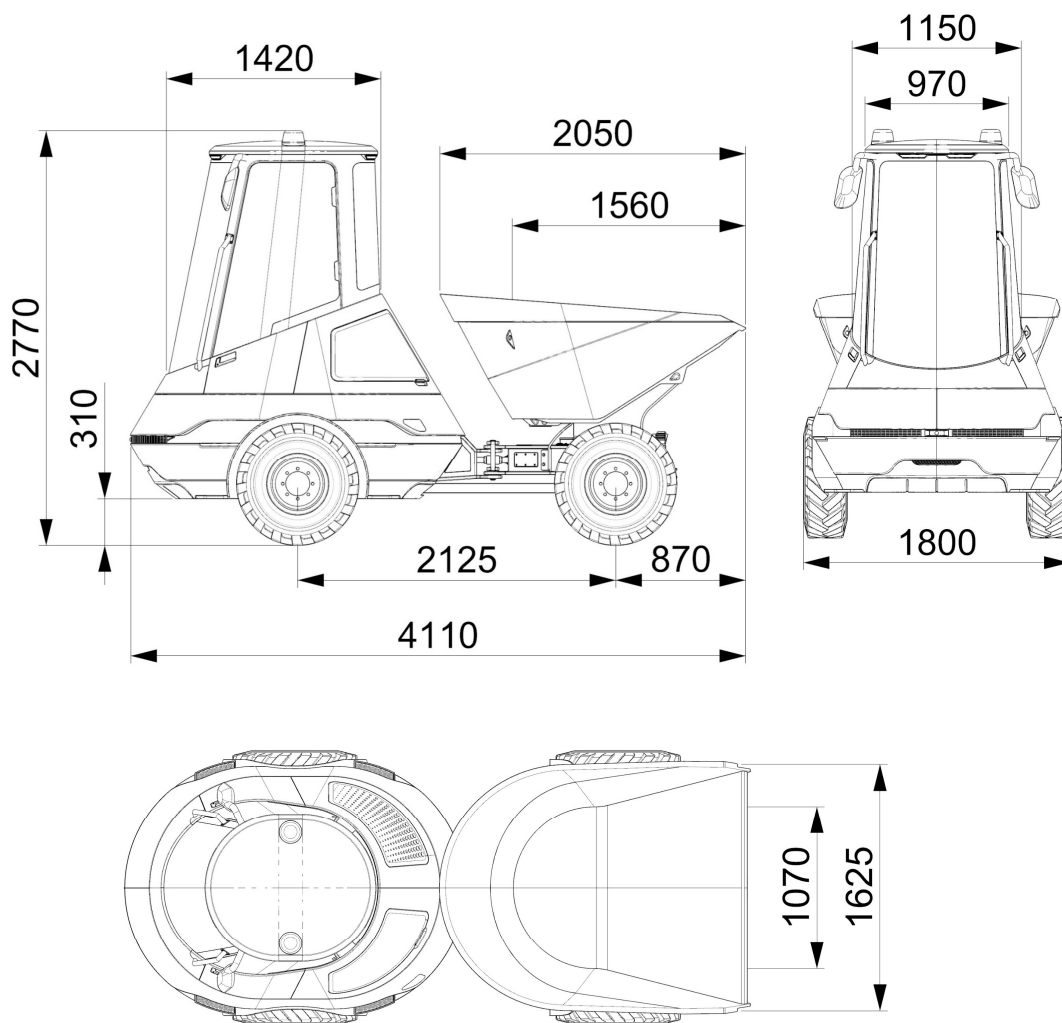
Obr. 6-5 Perspektivní pohled na otočenou kabinu

6.2 Konstrukční a technické řešení

Tato kapitola se věnuje podrobnému rozpracování všech klíčových částí stroje s ohledem na jejich funkci, vyrobiteľnosť a odolnosť. V této fázi návrhu dochází k volbě vhodných konstrukčních materiálů a k řešení technického uspořádání hlavních celků, jako je rám, pohonný systém, hydraulické okruhy a korba. Kapitola se rovněž zabývá integrací technických komponent do celkové stavby stroje tak, aby splňoval nároky na spolehlivost a bezpečnost při provozu v náročných podmínkách.

6.2.1 Rozměrové řešení

Oproti předběžnému návrhu viz Obr. 5-3, došlo v detailním návrhu k prodloužení celkové délky na 4110 mm. Toto prodloužení přispívá ke zlepšení stability stroje při jízdě i při manipulaci s nákladem. Výška stroje byla naopak mírně snížena na 2770 mm, což zvyšuje šanci na lepší průjezd pod nižšími stavebními konstrukcemi. Šířka stroje zůstala na původních 1800 mm viz Obr. 6-6.



Obr. 6-6 Rozměrové řešení detailního návrhu

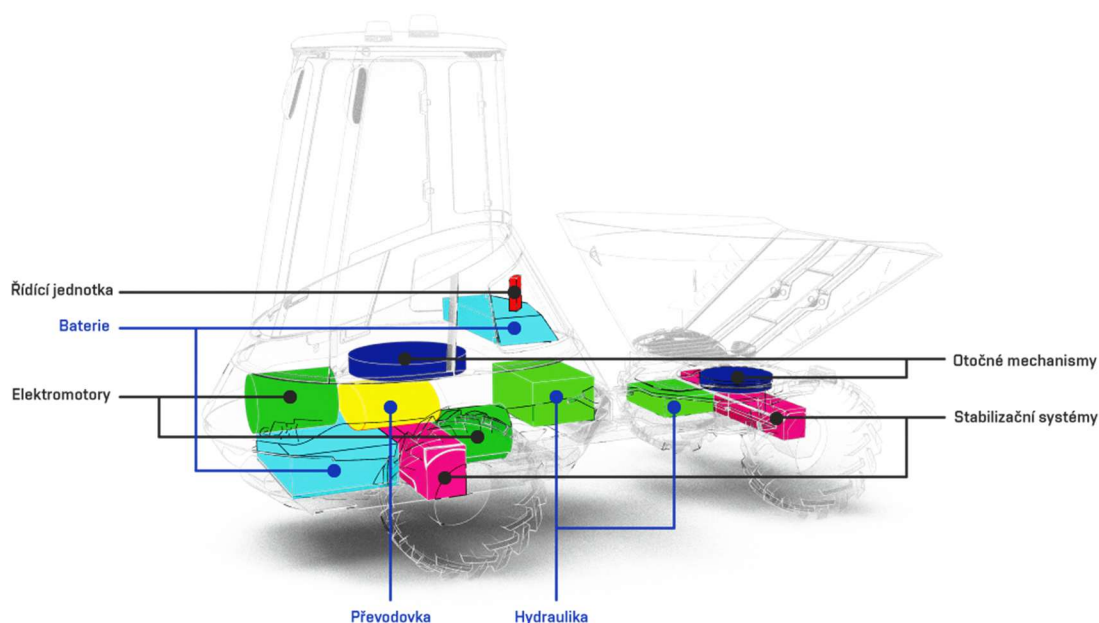
6.2.2 Konstrukční řešení

Konstrukční řešení se převážně neliší od řešení při předběžném návrhu viz Obr. 5-4 a 5-5. Základ tvoří svařovaný ocelový rám, který zajišťuje celkovou tuhost a nosnost stroje. Na rám navazuje konstrukce kabiny, tvořená ocelovým ochranným rámem a laminovaným bezpečnostním sklem, které poskytuje obsluze maximální ochranu a přehled o okolí. Kabina je doplněna ABS plastovými kryty. V zadní části stroje je hojně využito svařovaných nerezových plechů s povrchovou úpravou, která chrání nejvíce exponovaná místa před mechanickým poškozením a korozí viz Obr. 6-7.



Obr. 6-7 Rozklad materiálů

Ve spodní části předního segmentu kabiny se nachází dvojice elektromotorů, které zajišťují pohon a hydraulický výkon. Převod na hnací nápravu a otáčení kabiny zajišťuje převodovka. Baterie jsou umístěny jak ve spodní části předního segmentu, tak v zadní části kabiny, v této části se také nachází řídicí jednotka dostupná za servisními dvířky, která spravuje tok energie a řízení výkonu obou elektromotorů. Hydraulická jednotka a nádrž, pohánějící sklápění korby, otáčení kabiny a zatáčení stroje, se nachází v bezprostřední blízkosti kyvného kloubu.



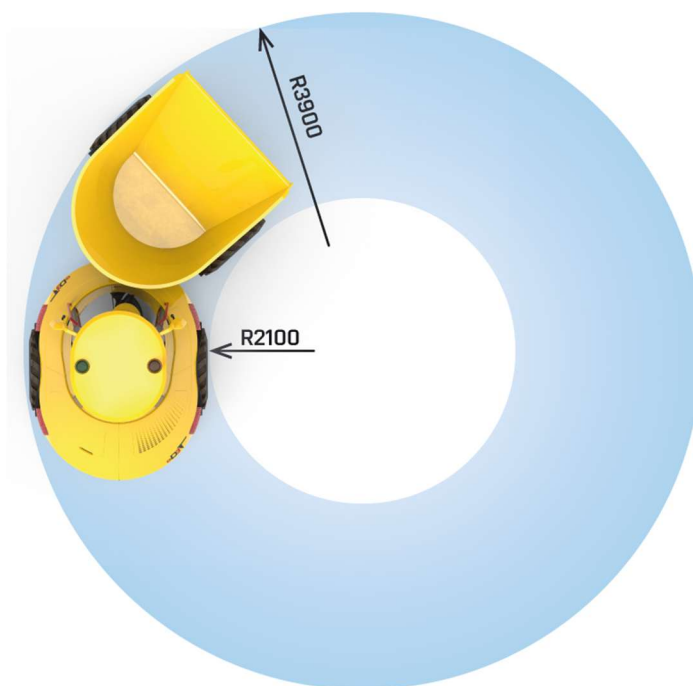
Obr. 6-8 Průhledové schéma

Kyvňý kloub umístěný mezi přední a zadní částí stroje slouží k zajištění řízení a pružného pohybu podvozku v terénu. Je tvořen centrálním kloubovým uložením, které umožňuje otáčení obou částí stroje vůči sobě v horizontálním směru, čímž nahrazuje klasické natáčení kol a výrazně zmenšuje celkový poloměr otáčení. Otočný pohyb je realizován pomocí hydraulického válce umístěného na straně kloubu, který na základě pokynů od řidiče reguluje natočení stroje.



Obr. 6-9 Detail kyvného kloubu

Díky tomuto řešení dosahuje stroj vnitřního poloměru otáčení 2100 mm a vnějšího poloměru 3900 mm viz Obr. 6-10, čímž je tento prostředek schopný pro práci ve stísněných prostorech a členitém terénu. Zároveň je kloub navržen tak, aby umožňoval i vertikální kývání, čímž se vozidlo dokáže přizpůsobit nerovnostem podkladu a udržet lepší kontakt všech kol s povrchem. Výsledkem je zvýšená stabilita, lepší trakce a celková bezpečnost při pohybu v náročném terénu.



Obr. 6-10 Poloměr otáčení

Větrací mřížka umístěná v zadní části kabiny stroje plní jak funkční, tak vizuální roli. Otvory slouží k pasivnímu větrání prostoru za zadním krytem, kde se nachází důležité komponenty elektrického systému, jako jsou baterie, klimatizační jednotka nebo elektrorozvaděč. Větrací plocha napomáhá přirozenému proudění vzduchu a odvodu tepla ze systému bez nutnosti aktivního chlazení v dané oblasti. Z tvarového hlediska byla mřížka tvořena parametricky, tak aby se otvory zvětšovali směrem dolů a ke středu těžiště stroje, což má za účel vizuálně usadit stroj a podpořit jeho stabilitu.



Obrázek 6-1 Detail větrací mřížky

Charakteristickým prvkem přední části stroje je vodorovná mezera, která v sobě ukrývá LED světlomety. Ty jsou umístěny po celé šířce přední části a díky své nízké zástavbě působí nenápadně, zároveň ale poskytují dostatečné osvětlení pracovní plochy před strojem. Světlomety jsou chráněny ocelovou mřížkou, která zabraňuje jejímu poškození odletujícími kameny nebo jinými nečistotami při práci v těžkém terénu. Do tohoto prvku je zároveň zakomponován také lidarový senzor, který slouží k detekci překážek a rozšíření vnímání okolí stroje. Větrání přední části stroje je řešeno výřezem opatřeným mřížkou.



Obr. 6-11 Detail přední části

Další světlomety jsou umístěny také pod střešním okrajem kabiny, odkud osvětlují prostor dále či blíže před strojem. Celý systém je koncipován jako adaptivní, tedy s možností regulace výkonu a směru osvětlení na základě provozní situace viz Obr. 6-12.

Na střeše stroje se nachází dvojice bezpečnostních majáků – oranžový sloužící k výstražnému signalizování pohybu či aktivního provozu a zelený indikující provozní připravenost nebo zapnutý bezpečnostní režim. Kombinace těchto prvků zajišťuje vysokou vizuální kontrolu nad strojem jak pro obsluhu, tak pro okolní pracovníky.



Obr. 6-12 Znáznornění světlometů

Hydraulický systém sklápění korby slouží k efektivnímu vyprázdnění přepravovaného materiálu bez nutnosti ruční manipulace nebo složitého manévrování strojem. Pomocí hydraulického válce, který je umístěn pod korbou a připojen k nosnému rámu, dochází k plynulému nadzvednutí přední části korby. Celý mechanismus je navržen s důrazem na jednoduchou údržbu a dlouhou životnost, což je podpořeno použitím robustních a odolných komponent.



Obr. 6-13 Vyklopená korba

Za servisními dvířky umístěnými na levé straně zadní části kabiny se nachází nejdůležitější technické zázemí celého stroje. Tento prostor slouží k uložení bateriových modulů spolu s elektrickým rozvaděčem, který zajišťuje distribuci energie mezi jednotlivé komponenty a zároveň obsahuje jištění a řídicí elektroniku. Pod servisními dvířky nacházející se nabíjecí port je integrován do karoserie tak, aby byl snadno přístupný ze země a zároveň chráněný proti prachu a vodě. Kryt chránící nabíjecí port se otevírá pomocí vysunutí a následného pootočení. Navržen je s důrazem na čisté začlenění do designu pláště a jednoduchou manipulaci při každodenním provozu.

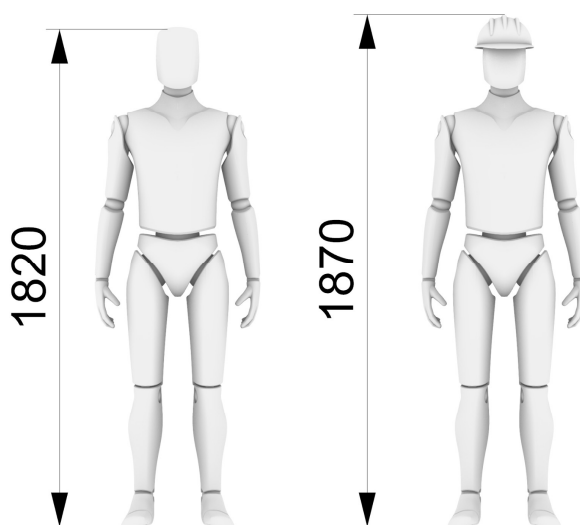


Obr. 6-14 Servisní dvířka a nabíjecí port

6.3 Ergonomické řešení

Ergonomie je nedílnou součástí návrhu pracovních strojů a zajišťuje, že jejich ovládání i samotné používání bude pohodlné, bezpečné a efektivní pro široké spektrum uživatelů. Tato kapitola se zaměřuje na vyhodnocení ergonomických aspektů navrženého dumperu v souladu s požadavky ergonomické třídy „E“, která zahrnuje pracovní kontakt prostřednictvím ovládacích a sdělovacích prvků. Posuzována je především poloha těla při práci, přístupnost ovládacích prvků, přehlednost informačních prvků, fyzická i psychická zátěž obsluhy a hygienické vlastnosti jednotlivých částí. Cílem je navrhnout stroj, který umožní snadné ovládání, snižuje únavu a zvyšuje bezpečnost i komfort při každodenním používání.

Pro úvodní charakteristiku ergonomických požadavků bylo pro návrh kabiny a pracovního prostoru zvoleno měřítko založené na mužském 50. výškovém percentilu. Tento referenční model představuje průměrného dospělého muže evropské populace s výškou přibližně 182 cm. Pro zajištění bezpečné a komfortní manipulace ve stísněném prostředí kabiny byl k tomuto rozměru přičten ještě ergonomický přídavek 5 cm, který simuluje výšku ochranné pracovní přilby. Výsledná výška postavy tak činí 187 cm viz Obr. 6-15, což bylo zohledněno při návrhu prostoru nad hlavou, výšky sedadla i výhledu z kabiny. Tento postup umožnil optimalizovat rozměry vnitřního prostoru tak, aby vyhovoval běžné pracovní populaci a zároveň splňoval požadavky na bezpečnost a pohodlí obsluhy.

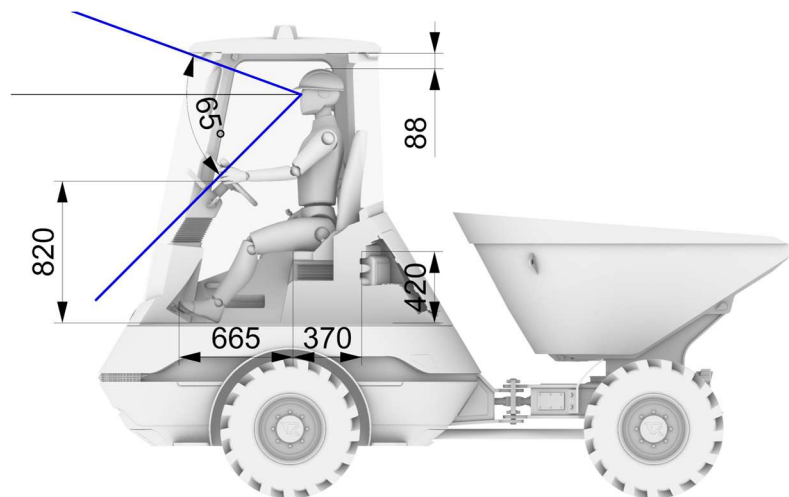


Obr. 6-15 Mužský výškový 50. percentil s přídavkem na ochrannou přilbu

6.3.1 Kabinový prostor

K navržení prostoru kabiny, bylo využito dostupné literatury a již zmiňovaného ergonomického modelu viz Obr. 6-15. Z obrázku (viz Obr. 6-16) je zřejmé, že výška nad hlavou činí přibližně 88 mm, což zajišťuje dostatečný prostor pro pohyb i komfort při delším sezení. Sedadlo je pro modelovou simulaci umístěno ve výšce 420 mm nad podlahou kabiny, což usnadňuje nástup a výstup a zároveň zachovává ergonomickou výšku kolen a komfortní úhel mezi stehenní a bérceovou částí nohy. Vzdálenost od hrany podlahy ke střední části opěradla je přibližně 1035 mm, což je dostačující pro standardní rozsah pohybu.

Zorný úhel pohledu přes čelní sklo dosahuje 65°, což výrazně přispívá k přehlednosti pracovního prostoru před strojem a napomáhá bezpečnému manévrování v terénu i v uzavřených prostorech. Výška volantu se sdělovacím displejem činí 820 mm a je nastavitelná.



Obr. 6-16 Ergonomie kabiny

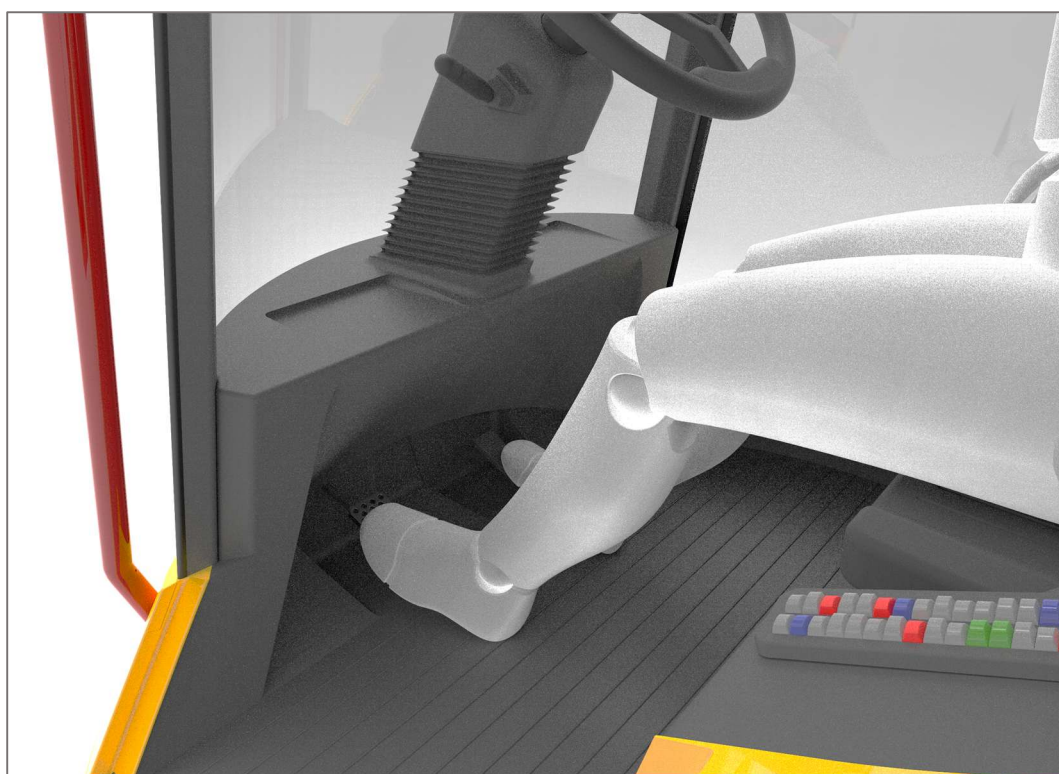
Pro přesnější vyobrazení výhledu z kabiny byl vytvořen binokulární diagram zorného pole operátora dumperu pomocí zelených zón. Tyto zóny ilustrují přirozený úhel viditelnosti lidského oka při přímém sezení bez nutnosti výrazného pohybu hlavou, což činí přibližně 60° horizontálně na každou stranu, přičemž jejich průnik znázorňuje optimální zorné pole, kde člověk vidí nejostřeji. Z obrázku (viz Obr. 6-17) je patrné, že dno i hrany korby spadají do hlavního zorného pole operátora, což je zásadní pro kontrolu nad nákladem při jízdě i při vyklápění. Umístění volantu, displeje a rámu kabiny bylo navrženo tak, aby nezasahovalo do kritických oblastí výhledu a zrcátka umístěná na bocích rámu jsou dobře přístupná v periferním zorném poli.



Obr. 6-17 Binokulární výhled z kabiny



Obr. 6-18 Poloha sedu



Obr. 6-19 Detail na prostor pro nohy

6.3.2 Nástup, výstup

Následující situace se ergonomicky zaměřuje na nástup či výstup muže 50. percentilu výšky. Pro nastoupení musí osoba otevřít dveře, které se nachází po obou stranách. Dveře jsou usazeny na pantech na zadní straně kabiny, operátor tedy nastupuje z přední části kabiny na rozdíl od standartních strojů a vozidel. Důležitým prvkem při nástupu je symetrické rozmístění stupadel na obou stranách stroje. Tato řešení umožňují pohodlný nástup bez ohledu na aktuální orientaci otočné kabiny, a tedy i v různých provozních situacích.



Obr. 6-20 Nástup do kabiny

Stupadla jsou umístěna v dostatečné výšce nad terénem, aby byla zajištěna bezpečná světlá výška stroje, a zároveň jejich vzdálenost a sklon odpovídají běžným antropometrickým hodnotám. K lepší stabilitě přispívají madla, která jsou umístěna po předních stranách kabiny a poskytují pevný úchop při výstupu po stupadlech. Pro důležitý tří bodový kontakt slouží madla na vnitřní straně dveří, což zaručuje bezpečný nástup i výstup.



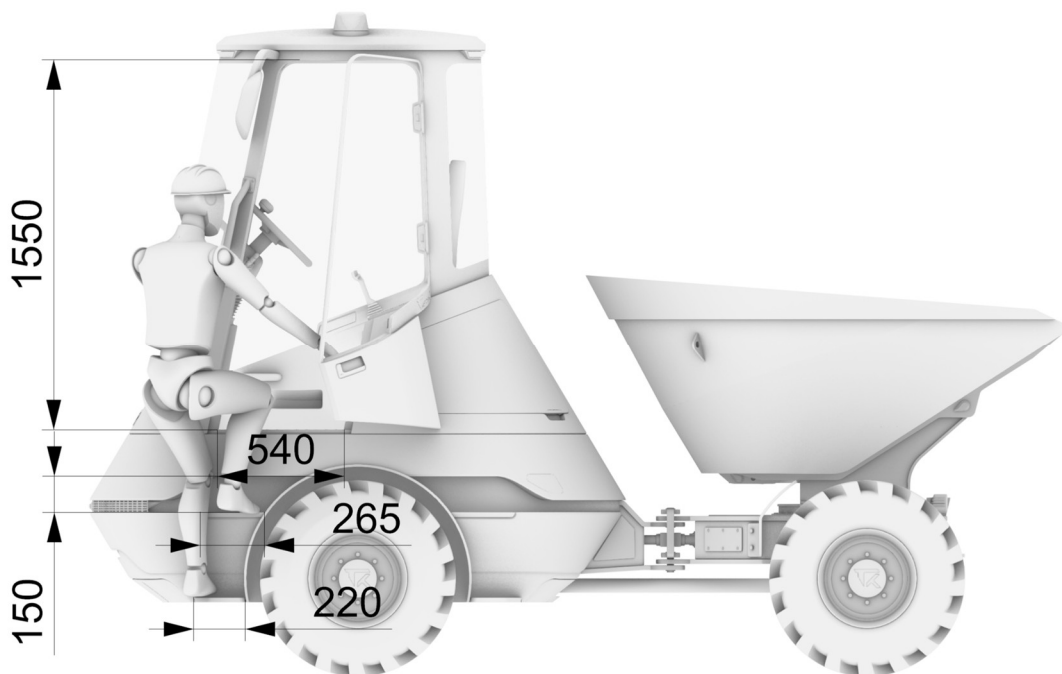
Obr. 6-21 Nástup při otočené kabině

Oproti předběžnému návrhu je původní stupadlo ve výšce 700 mm obohaceno o níže postavené stupadlo ve výšce 330 mm, což napomáhá při nástupu osobám menším či s oslabeným pohybovým aparátem. K hlavnímu úchopu slouží madlo umístěno podél rámu, které nabízí úchop ve výšce od 1240 mm až 1970 mm a pyšní se tak užitečnou délkou 730 mm. Madlo na vnitřní straně dveří ve výšce 1300 mm je horizontálně orientováno a slouží jako důležitá opora při nástupu i výstupu.



Obr. 6-22 Ergonomie nástupu – čelní pohled

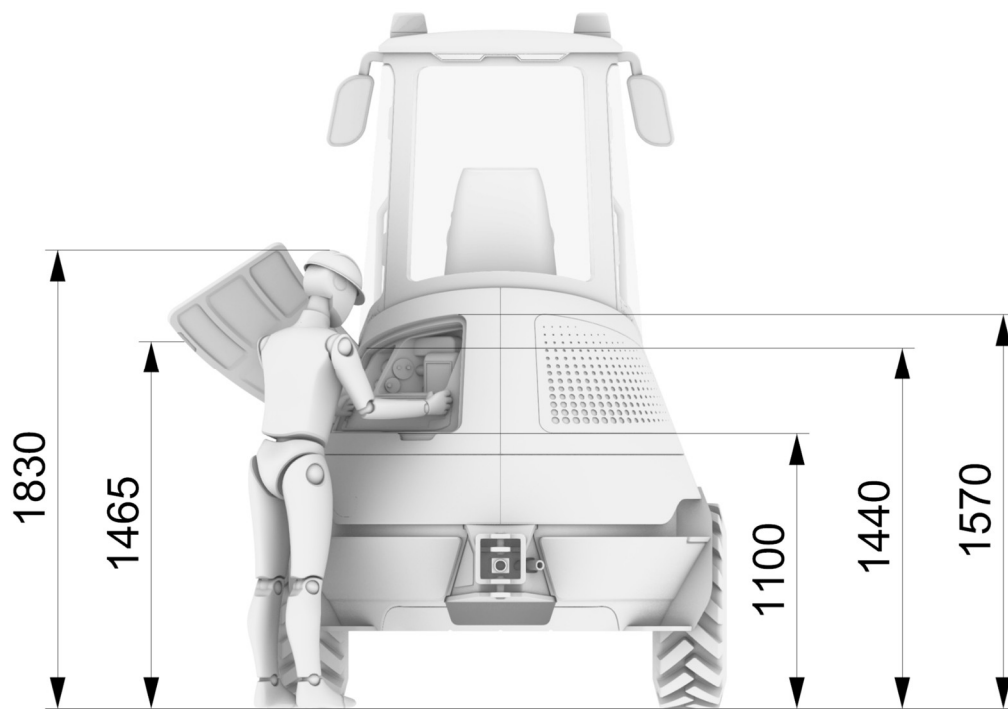
Dveřní prostor nabízí 1550 mm na výšku a 540 mm na spodní šířku, která se mezi rámem dveřního okna a karoserií kabiny rozšiřuje tak, aby byl nástup či výstup co nejpohodlnější. Horní stupadlo ve výřezu disponuje šířkou 265 mm a výškou volného prostoru pro nohu 150 mm, což nabízí dostatečnou volnost i v případě pracovní obuvi, přičemž spodní stupadlo je široké 220 mm .



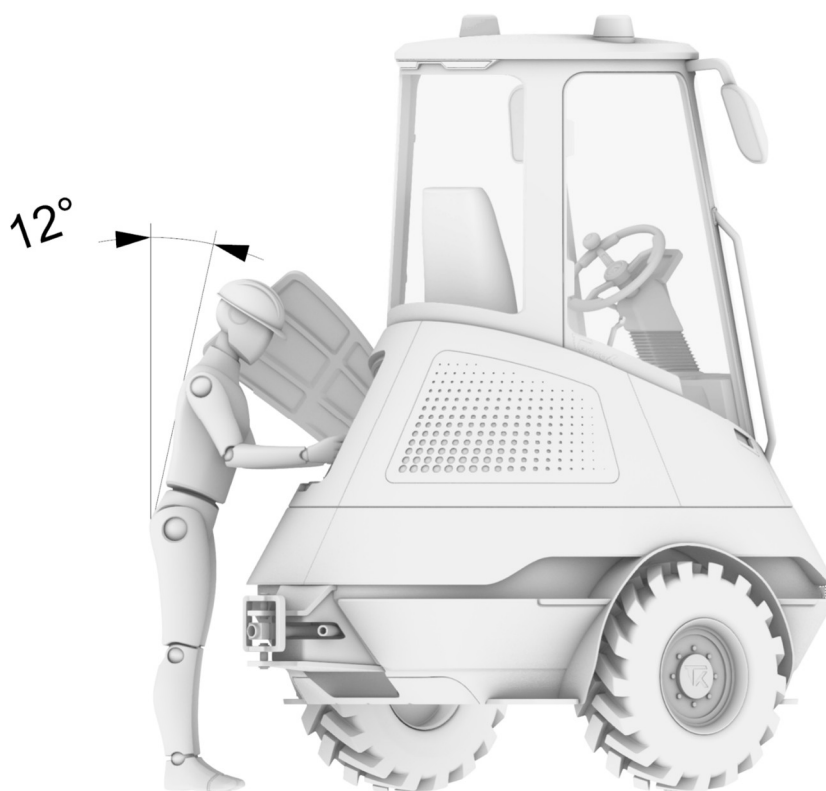
Obr. 6-23 Ergonomie nástupu – boční pohled

6.3.3 Servisní činnosti

Prostor pro servisní zásahy byl navržen s důrazem na ergonomii a snadný přístup bez nutnosti výstupu na stroj. Servisní dvířka, umístěná na zadní části kabiny jsou otevírány směrem doleva a nahoru, tak aby nepřekážela při servisních činnostech. Pro snadné a intuitivní otevírání slouží klika se zámkem, ta se nachází ve spodní části dvířek, a to ve výšce 1100 mm, při úplném otevření se klika spolu s dvířky dostává do pozice ve výšce 1465 mm. Pracovní prostor se pohybuje ve výšce 1100 mm až 1570 mm, což pracovníkovi umožňuje nenáročné a bezpečné provedení činnosti bez nutnosti se sklánět, či zaklánět. Při práci s komponenty v nejnižší části servisního prostoru se osoba může pouze mírně předklonit, a to o cca 12° viz Obr. 6-25.



Obr. 6-24 Ergonomie servisní činnosti – čelní pohled



Obr. 6-25 Ergonomie servisní činnosti – boční pohled



Obr. 6-26 Ergonomie servisní činnosti – perspektivní pohled

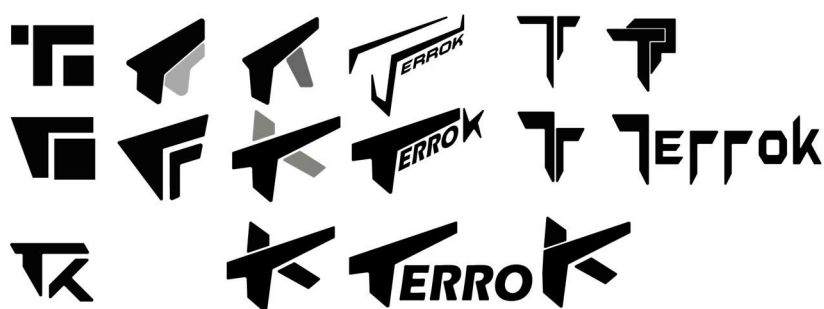
6.4 Hygiena

Hygiena a čistitelnost konstrukce hrají zásadní roli zejména u stavebních strojů, které pracují v extrémně prašném, blátivém či jinak znečištěném prostředí. V návrhu tohoto elektrického dumperu byl kladen důraz na hladké povrchy a minimalizaci složitých tvarů, ve kterých by se mohly usazovat nečistoty. Zaoblené přechody a mírné sklony ploch napomáhají snadnému stékání vody a zamezují hromadění bláta nebo stavebního prachu. Díky tomu lze stroj efektivně omývat pouze pomocí tlakové vody bez nutnosti složitě manuálního čištění.

Konstrukce povrchů je řešena tak, aby odolávala jakýmkoliv vnějším vlivům a zároveň byla snadno omyvatelná. Krycí panely jsou navrženy jako segmenty s minimálním počtem spár a vystouplých částí, což omezuje prostory pro usazování nečistot a zároveň urychluje pravidelnou údržbu. Plasty a kovové části použité v exponovaných oblastech mají odolné povrchové úpravy, které snesou opakované čištění vodou i běžnými prostředky. Celkově je tedy údržba vnějších ploch i okolí pohonných jednotek jednoduchá a nenáročná, což přispívá k dlouhodobému udržení estetického i funkčního standardu stroje.

6.5 Grafické a barevné řešení

K vytvoření grafické stránky produktu byla potřeba nejdříve vytvořit fiktivní firmu, která by stavební dumper mohla vyrábět a dumper by se tak mohl honosit jejím logem či logotypem. Z několika návrhů vykryštoval název firmy „TerroK“. Základem je slovo „Terro“ inspirované latinským „terra“ (země), což přímo odkazuje na práci ve stavebních a terénních podmínkách – tedy hlavní oblast použití strojů, které firma vyvíjí. „K“ na konci slova vychází z anglického slova „rock“, čili kámen, což symbolizuje sílu a robustnost. Celkově název TerroK vytváří pevný, úderný a důvěryhodný dojem, hodící se pro značku vyrábějící těžkou stavební techniku.



Obr. 6-27 Návrh variant log a logotypů značky

Vizuální identita značky stojí na logu „TK“, které je abstrahovaným grafickým ztvárněním těchto dvou písmen. Design loga je geometrický, technický a snadno aplikovatelný na produkt i dokumentaci, čímž posiluje zapamatovatelnost značky. Kombinace písmen T a R byla původně uvažována jako zkratka „Terra“ a „Rock“, ale finální zjednodušení na „TK“ působí univerzálněji a lépe funguje v oblasti vizuální komunikace i jako součást logotypu. Logotyp „TerroK“ doplňuje samotné logo a je tvořen vlastní typografií, která vizuálně navazuje na styl piktogramu TK. Zachovává si strohost, technický charakter a osobitou linku. Celkový výraz značky působí moderně, robustně a inovativně. Model stroje pak nese označení „eD3T“, které je monogramem slov „elektrický dumper“ a užitečné nosnosti čili 3 tun.



Obr. 6-28 Logotyp firmy a modelu

V rámci vizuální identity značky TerroK jsem se pokusil reflektovat charakter alternativního pohonu nejen konstrukčně, ale i barevně. Proto byly vytvořeny tři barevné varianty loga a logotypu po boku černé (RAL 9011) – červená (RAL 3003), modrá (RAL 5015) a zelená (RAL 6018). Červená varianta symbolizuje sílu a výkon, čímž odkazuje například na výkonné elektrické pohony vhodné i do náročného terénu. Modrá evokuje čistotu a technologickou preciznost, často spojovanou s vodíkovými nebo vysoce efektivními bateriovými systémy. Zelená odkazuje na ekologii a udržitelnost, čímž podtrhuje environmentální zaměření značky.



Obr. 6-29 Barevné varianty logotypu

Barevné logotypy značky TerroK byly promyšleně integrovány do jednotlivých designových variant elektrického dumperu eD3T, a to tak, aby harmonizovaly s celkovou barevností dané verze stroje a zároveň podpořily její charakter i účel. Pro větší bezpečnost mají záměrně všechny varianty kontrastně barvené ergonomické prvky. Na ty bylo využito barev z logotypu.



Obr. 6-30 Barevné varianty dumperu

K červenému logotypu byla vybrána klasická žlutá barva (RAL 1023), která je hojně využívána pro stavební techniku hlavně díky její nepřehlédnutelnosti. Zelený logotyp obohatil dumper stříbrnošedý (RAL 9006), který vystupuje ze stereotypu a poukazuje tak na typ svého pohonu. Poslední variantou je kombinace oranžové (RAL 2004) a modré, která se jeví jako kompromis mezi zaběhlou klasikou a neznámým.



Obr. 6-31 Barevné varianty z profilu

6.6 Udržitelnost produktu

Udržitelnost hrála v návrhu elektrického dumperu klíčovou roli a byla jedním z hlavních pilířů celého designového a technického řešení. Stroj je navržen tak, aby minimalizoval svůj ekologický dopad jak během provozu, tak v průběhu celého životního cyklu – od výroby až po konečnou recyklaci.

Základním předpokladem ekologického provozu je elektrický pohon, který eliminuje emise škodlivých látek přímo na staveništi. To je zásadní zejména při použití ve vnitřních prostorách, městské výstavbě nebo chráněných oblastech, kde je nutné dodržet přísné emisní limity. Elektrické motory nejen snižují uhlíkovou stopu, ale také umožňují výrazné snížení hluchnosti, což přispívá ke zlepšení pracovního prostředí pro obsluhu i okolí.

Při návrhu byly zohledněny i materiály s ohledem na jejich recyklovatelnost a životnost. Použité kovové prvky jsou navrženy s důrazem na dlouhou trvanlivost a snadnou demontáž, zatímco plastové kryty využívají termoplasty vhodné k dalšímu zpracování. Modulární konstrukce jednotlivých částí (například akumulátorů nebo hydraulického systému) umožňuje snadnou výměnu nebo opravu, čímž se prodlužuje životnost celého stroje a snižuje nutnost jeho kompletní obnovy.

Součástí udržitelného přístupu je také energetická efektivita. Díky rekuperaci při zpomalování a optimalizaci výkonu jednotlivých motorů se dosahuje úspory elektrické energie. Inteligentní řízení spotřeby navíc pomáhá šetřit kapacitu baterie a tím prodlužuje její životnost. Použitá bateriová technologie je navržena tak, aby bylo možné baterie po ukončení životnosti ekologicky likvidovat nebo recyklovat.

6.7 Hodnocení klíčových parametrů

Již v úvodních fázích návrhu bylo definováno několik zásadních cílů, které formovaly směřování celého konceptu elektrického dumperu. Tyto cíle nebyly pouze technického charakteru, ale vycházely také z požadavků na ergonomii, bezpečnost, převoz a celkovou udržitelnost návrhu. Díky jejich přesnému vymezení vznikl stroj, který ve své třídě nabízí nadstandardní vlastnosti a přináší nové možnosti pro použití v moderním stavebním prostředí.

Jedním z klíčových aspektů návrhu byla optimalizace výhledu z kabiny. Ta byla řešena jak tvarovým uspořádáním samotné kabiny, tak výrazným sklonem čelního skla a posunem kabinových sloupků směrem vzad. Tato úprava umožnila vytvořit široké zorné pole, které bylo potvrzeno i v ergonomické analýze rozsahu lidského vidění. Kombinace velkoplošného skla a nakloněného sedadla ve správném úhlu zajistila aktivní přehled o dění před strojem i v jeho okolí.

Dalším z cílů bylo zajistit bezpečný nástup a výstup z kabiny v jakékoli poloze otočné nástavby. Toho bylo dosaženo pomocí stupadel umístěných po obou stranách stroje, které spolu s madly integrovanými ve dveřích i přední části kabiny tvoří přirozenou a bezpečnou oporu. Tato řešení byla navržena s důrazem na standardní pracovní výšku uživatele a v souladu s požadavky na bezpečnost práce ve stavebnictví.

Důraz byl dále kladen na ergonomii pracovního prostoru obsluhy. Kabina byla navržena podle 50. výškového percentilu mužské postavy s přídatkem na pracovní helmu. Sedadlo i volant jsou plně nastavitelné, což zaručuje správné držení těla a pohodlí. Veškeré ovladače jsou rozmístěny v dosahu rukou, bez nutnosti předklánění nebo vychylování těla. Tím je podpořena nejen efektivita práce, ale i dlouhodobý komfort obsluhy.

S ohledem na použití v městském prostředí i na rozsáhlých stavbách byla řešena také kompaktnost a snadný převoz stroje. Maximální výška byla udržena tak, aby umožňovala vjezd do běžných skladových a halových prostor, přičemž celková délka a konstrukce rámu usnadňují přepravu na standardních přepravních platformách. Otočný kloub s malým poloměrem otáčení zároveň výrazně zlepšuje manévrovatelnost v omezeném prostoru.

Posledním, avšak neméně důležitým cílem bylo usnadnění údržby a čištění stroje. Díky opakujícímu jednoduchému kónickému tvaru bez zbytečných záhybů se zamezí usazování nečistot a vody. Servisní přístupy byly promyšleny tak, aby bylo možné rychle a bezpečně provádět kontrolu i výměnu klíčových komponent, jako jsou baterie nebo rozvaděče, skrze přístupná servisní dvířka.

Z uvedeného hodnocení vyplývá, že jednotlivé cíle návrhu se vzájemně doplňují a podporují. Výsledkem je funkčně a esteticky vyvážený pracovní stroj, který reflektuje potřeby současného stavebnictví a zároveň přináší inovativní pohled na design techniky s elektrickým pohonem.

7 ZÁVĚR

Diplomová práce se zaměřila na design stavebního dumperu na elektrický pohon, určeného pro převoz sypkých materiálů. V úvodních fázích práce byla provedena rešerše současného trhu a analýza existujících řešení v oblasti kolových a pásových dumperů. Následně byla stanovena základní koncepce stroje, definovány hlavní cíle návrhu a vytvořeny první objemové studie a skici, které vedly ke zformování finální podoby produktu, která komplexně reaguje na potřeby současného stavebnictví a reflektuje nároky na moderní pracovní prostředí.

Navržený elektrický stavební dumper TerroK eD3T naplňuje stanovené cíle ve všech klíčových oblastech, které byly v úvodu práce vytyčeny. Návrh úspěšně kombinuje funkčnost, uživatelskou přívětivost, bezpečnost a estetickou vyváženost do jednoho celku. Bylo dosaženo optimalizace výhledu z kabiny díky promyšlenému tvarování a umístění skel i konstrukčních prvků. Ergonomické řešení interiéru, polohovatelné prvky a snadný přístup při nástupu i výstupu přispívají k pohodlí obsluhy a reflektují požadavky na moderní pracovní prostředí.

Významným přínosem návrhu je i důraz na udržitelnost a čistý provoz, který elektrický pohon umožňuje. Stroj je navržen s ohledem na použití nejen na klasických stavbách, ale i v městských nebo uzavřených prostorech, kde jsou požadavky na hlučnost a emise výrazně přísnější. Kompaktní rozměry v kombinaci s malým poloměrem otáčení zajišťují vysokou manévrovatelnost i ve stísněných podmínkách. V neposlední řadě byla věnována pozornost snadné údržbě – tvarování kapotáže, rozvržení servisních přístupů a volba materiálů zajišťují rychlé čištění a efektivní správu stroje bez zbytečných prostojů.

Z hlediska vytyčených cílů lze výsledek hodnotit jako úspěšný – podařilo se vytvořit návrh pracovního stroje, který odpovídá aktuálním trendům ve stavebnictví, zohledňuje environmentální nároky a zároveň přináší novou úroveň designového přístupu ke stavební technice. Výsledný koncept propojuje technické a ergonomické požadavky se soudobým vizuálním jazykem a představuje funkční a esteticky vyvážený produkt.

8 VÝSLEDEK VÝZKUMU PODLE RIV

Druh výsledku	Funkční vzorek
Název výsledku	Stavební dumper na elektrický pohon
Autor	Bc. Jan Gádoci
Místo uložení výsledku	VUT Brno

Tabulka 8-1 Výsledek výzkumu podle RIV

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] LUNDGREN, Staffan. What are the latest trends in battery technology? *Volvo News&Insight* [online]. 2025, 1 [cit. 2025-03-26]. Dostupné z: <https://www.volvotrucks.com/en-en/news-stories/insights/articles/2025/feb/new-trends-and-innovations-in-battery-technology.html>
- [2] HUANG, Xiaohui, Wanbin YAN, Huajun CAO, Sujiao CHEN, Guibao TAO a Jin ZHANG. Prospects for purely electric construction machinery: Mechanical components, control strategies and typical machines. *Automation in Construction* [online]. 2024, **164** [cit. 2025-03-26]. ISSN 09265805. Dostupné z: [doi:10.1016/j.autcon.2024.105477](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105477)
- [3] Dumpery Thwaites | Staves s.r.o. , STAVES S.R.O. *Stavební stroje | Staves s.r.o.* [online]. © 2023 [cit. 2023-12-14]. Dostupné z: <https://www.staves.cz/prodej-stavebnich-stroju/znacka/thwaites>
- [4] Kolový dumper | Wacker Neuson. , Wacker Neuson SE. *Stavební stroje a zařízení | Wacker Neuson* [online]. © 2023 [cit. 2023-12-14]. Dostupné z: <https://www.wackerneuson.cz/vyrobky/dumpery/kolove-dumpery>
- [5] Pásové dumpery | YANMAR BAGRY. , ARTE, spol. s r. o. *Kompaktní stavební stroje a bagry | YANMAR BAGRY* [online]. © 2023 [cit. 2023-12-14]. Dostupné z: <https://www.yanmar-bagry.cz/kategorie/pasove-dumpery/>
- [6] JCB 3TE | Site Dumpers | JCB.com. , J C Bamford Excavators Ltd. *JCB Home* [online]. © 2024 [cit. 2024-12-07]. Dostupné z: <https://www.jcb.com/en-gb/products/site-dumpers/3te>
- [7] C804e elektrický dumper - Bergmann-dumper.cz. , 3K GROUNDBREAKING, s.r.o. *Německá kvalita - Bergmann-dumper.cz* [online]. © 2023 [cit. 2023-12-14]. Dostupné z: <https://bergmann-dumper.cz/stavebni-technika-ii/c804e/>
- [8] MECALAC | eMDX. , Mecalac. *MECALAC* [online]. © 2024 [cit. 2024-12-07]. Dostupné z: <https://www.mecalac.com/en/machine/emdx.html>

- [9] MECALAC'S REVOTRUCK WINS BEST OF THE BEST AT THE 2023 RED DOT DESIGN AWARDS!. , Mecalac. *MECALAC* [online]. © 2023 [cit. 2023-12-14]. Dostupné z: <https://www.mecalac.com/en/news-and-press/mecalac-s-revotruck-wins-best-of-the-best-at-the-2023-red-dot-design-awards.html>
- [10] COMB Dump Truck Features Smart Tray-Changing Technique and Autonomous GPS Control System. *Tuvie Design* [online]. 2023, **2023**(1), 1 [cit. 2023-12-14]. Dostupné z: <https://www.tuvie.com/comb-dump-truck-features-smart-tray-changing-technique-and-autonomous-gps-control-system/>
- [11] LIN, Tianliang, Yuanzheng LIN, Haoling REN, Haibin CHEN, Qihuai CHEN a Zhongshen LI. Development and key technologies of pure electric construction machinery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2020, **132** [cit. 2025-04-10]. ISSN 13640321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2020.110080
- [12] Permanent magnet synchronous motor. In: *About motors* [online]. ©2023 Engineering Solutions [cit. 2025-04-10]. Dostupné z: <https://about-motors.com/motorcontrol/pmsm/>
- [13] NARANJO LOURIDO, Walter, Luis Ariel RIAÑO OCAMPO, Gustavo Andres GALLEGO CHIPIAJE, Javier Eduardo Martinez BAQUERO a Luis Alfredo RODRIGUEZ UMAÑA. Design of the electric propulsion system for dumper trucks. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)* [online]. 2023, 2023-06-01, **13**(3), 2546-2554 [cit. 2024-03-17]. ISSN 2722-2578. Dostupné z: doi:10.11591/ijece.v13i3.pp2546-2554
- [14] DENG, Jie, Chulheung BAE, Adam DENLINGER a Theodore MILLER. Electric Vehicles Batteries: Requirements and Challenges. *Joule* [online]. 2020, **4**(3), 511-515 [cit. 2024-03-19]. ISSN 25424351. Dostupné z: doi:10.1016/j.joule.2020.01.013
- [15] High-voltage lithium-ion battery packs designed for commercial and large industrial electric vehicle applications. *American Battery Solutions* [online]. 2025 [cit. 2024-08-15]. Dostupné z: <https://www.americanbatterysolutions.com/product/proliance-350v-50kwh>
- [16] ARORA, Shashank, Weixiang SHEN a Ajay KAPOOR. Review of mechanical design and strategic placement technique of a robust battery pack for electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2016, **60**, 1319-1331 [cit. 2024-03-19]. ISSN 13640321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2016.03.013

- [17] Undercarriage. In: *Volvo Construction Equipment* [online]. 2025 [cit. 2025-01-10]. Dostupné z: <https://www.volvoce.com/europe/en/parts/wear-parts/undercarriage/>
- [18] 10.5 / 80 x 18 10PLY AS504 131A8 TL BKT. In: *Tyres4Tractors* [online]. 2019 [cit. 2024-08-17]. Dostupné z: <https://www.tyres4tractors.com/105-80-x-18-10ply-as504-131a8-tl-bkt-c2x30661403>
- [19] YIN, Yuming, Subhash RAKHEJA, Jue YANG a Paul-Emile BOILEAU. Design optimization of an articulated frame steering system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* [online]. 2018, **232**(10), 1339-1352 [cit. 2025-03-05]. ISSN 0954-4070. Dostupné z: doi:10.1177/0954407017729052
- [20] JEONG, Yonghwan, Wongun KIM a Seongjin YIM. Model Predictive Control Based Path Tracking and Velocity Control with Rollover Prevention Function for Autonomous Electric Road Sweeper. *Energies* [online]. 2022, **15**(3) [cit. 2025-03-05]. ISSN 1996-1073. Dostupné z: doi:10.3390/en15030984
- [21] DUBINKIN, Dmitry, Georgy ARUTYUNYAN, Alexander KARTASHOV, V. PUKHKAL a S. UVAROVA. Algorithm for hydraulic system parameters of a dump truck. *E3S Web of Conferences* [online]. 2023, **2023**(vol. 458), 10 [cit. 2025-04-11]. ISSN 2267-1242. Dostupné z: doi:10.1051/e3sconf/202345808024

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

km	Kilometr
m	Metr
cm	Centimetr
mm	Milimetr
m ²	Metr čtvereční
m ³	Metr krychlový
kg	Kilogram
t	Tuna
V	Volt
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatthodina
h	Hodina
Kč	Koruna česká
mil	milión
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
ASIL	Automotive Safety Integrity Level
Li-Ion	Lithium-iontová
NMC	Nikl-mangan-kobalt

11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1 PRISMA diagram	15
Obr. 2-2 Zastoupení informačních zdrojů	16
Obr. 2-3 Thwaites 3T [3]	18
Obr. 2-4 Wacker Neuson DW30 [4].....	19
Obr. 2-5 Yanmar C30R-3TV [5].....	20
Obr. 2-6 JCB 3TE [6].....	21
Obr. 2-7 Bergmann C804e [7]	22
Obr. 2-8 Wacker Neuson DV45 [4].....	23
Obr. 2-9 Mecalac eMDX [8]	24
Obr. 2-10 Mecalac REVOTRUCK [9].....	25
Obr. 2-11 Koncept COMB Dump Truck [10].....	26
Obr. 2-12 PMSM Motor [12]	27
Obr. 2-13 Asynchronní motor [13].....	28
Obr. 2-14 Pásový podvozek [17]	30
Obr. 2-16 Zatáčení kyvadlovým kloubem[20]	31
Obr. 2-17 Ergoschéma	32
Obr. 4-1 Strom cílů	37
Obr. 4-2 Glassbox stavebního dumperu.....	38
Obr. 4-3 Skici	39
Obr. 4-4 Varianta 1	40
Obr. 4-5 Varianta 2	40
Obr. 4-6 Varianta 3	41
Obr. 5-1 Předběžný návrh	42
Obr. 5-2 Otočná kabina z profilu	43
Obr. 5-3 Rozměry předběžného návrhu	43
Obr. 5-4 Rozklad materiálů předběžného návrhu	44
Obr. 5-5 Průhledové schéma předběžného návrhu	45
Obr. 6-1 Perspektivní pohled v prostředí	46

Obr. 6-2 Perspektivní pohledy	47
Obr. 6-3 Pohled zepředu a z boku	47
Obr. 6-4 Presentace otočné kabiny	48
Obr. 6-5 Perspektivní pohled na otočenou kabinu	49
Obr. 6-6 Rozměrové řešení detailního návrhu.....	50
Obr. 6-7 Rozklad materiálů	51
Obr. 6-8 Průhledové schéma.....	51
Obr. 6-9 Detail kyvného kloubu.....	52
Obr. 6-10 Poloměr otáčení	52
Obr. 6-11 Detail přední části	53
Obr. 6-12 Znázornění světlometů.....	54
Obr. 6-13 Vyklopená korba	54
Obr. 6-14 Servisní dvířka a nabíjecí port.....	55
Obr. 6-15 Mužský výškový 50. percentil s přídatkem na ochrannou přilbu	56
Obr. 6-16 Ergonomie kabiny	57
Obr. 6-17 Binokulární výhled z kabiny	57
Obr. 6-18 Poloha sedu	58
Obr. 6-19 Detail na prostor pro nohy	58
Obr. 6-20 Nástup do kabiny	59
Obr. 6-21 Nástup při otočené kabině	60
Obr. 6-22 Ergonomie nástupu – čelní pohled.....	60
Obr. 6-23 Ergonomie nástupu – boční pohled.....	61
Obr. 6-24 Ergonomie servisní činnosti – čelní pohled	62
Obr. 6-25 Ergonomie servisní činnosti – boční pohled	62
Obr. 6-26 Ergonomie servisní činnosti – perspektivní pohled.....	63
Obr. 6-27 Návrh variant log a logotypů značky	64
Obr. 6-28 Logotyp firmy a modelu.....	64
Obr. 6-29 Barevné varianty logotypu.....	65
Obr. 6-30 Barevné varianty dumperu.....	65
Obr. 6-31 Barevné varianty z profilu	66

12 SEZNAM TABULEK

Tabulka 3-1 Přehled atributů	35
Tabulka 4-1 Hodnocení alternativních řešení.....	41
Tabulka 5-1 Odhad výrobních nákladů	45
Tabulka 8-1 Výsledek výzkumu podle RIV	70

13 SEZNAM PŘÍLOH

Náhledové postery:

- Sumarizační poster
- Ergonomický poster
- Technický poster
- Designérský poster

Samostatné přílohy:

- Sumarizační poster
- Ergonomický poster
- Technický poster
- Designérský poster
- Fyzický model

14 PŘÍLOHY



TerroK eD3T

Sumarizační poster

Stroj TerroK eD3T je návrh kompaktního elektrického stavebního dumperu s otočnou kabinou, navržený pro provoz v náročném terénu i uzavřených prostorách. Díky bezemisnímu pohonu, ergonomicky řešené kabině a snadné ovladatelnosti přináší spojení funkčnosti, bezpečnosti a moderního designu. Charakteristické kuželovité tvarování stroje podporuje viditelnost a manévrovatelnost, zatímco robustní konstrukce a snadná údržba zvyšují jeho provozní efektivitu.



DESIGN STAVEBNÍHO DUMPERU NA ELEKTRICKÝ POHON / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Jan Gádoci / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD

T VYSOKÉ UČENÍ | FAKULTA STROJNÍHO
TECHNICKÉ | INŽENÝRSTVÍ
V BRNĚ

ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

odbor
průmyslového
designu

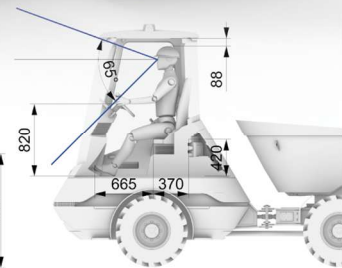
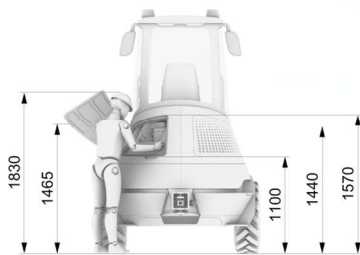
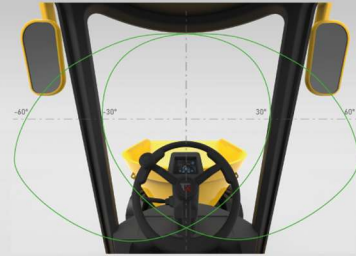
TerroX eD3T

Ergonomický poster



Ergonomické řešení kabiny se zaměřuje na komfort a přehlednost během řízení. Pracovní prostor je navržen tak, aby vyhovoval běžnému uživateli včetně prostoru pro přílbu. Sedadlo i volant jsou plně nastavitelné, což umožňuje individuální přizpůsobení podle potřeb obsluhy.

Nástup a výstup usnadňují oboustranná stupadla, která zůstávají přístupná i při otočení kabiny, a dobře umístěná madla na dveřích i přední části kabiny. Ovládací prvky jsou přehledně rozmístěny v dosahu řidiče a konstrukce interiéru minimalizuje fyzickou i psychickou zátěž při delším provozu. Celková ergonomie podporuje bezpečné a efektivní ovládání stroje v různých podmínkách.



DESIGN STAVEBNÍHO DUMPERU NA ELEKTRICKÝ POHON / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Jan Gádoci / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / UK / OPD

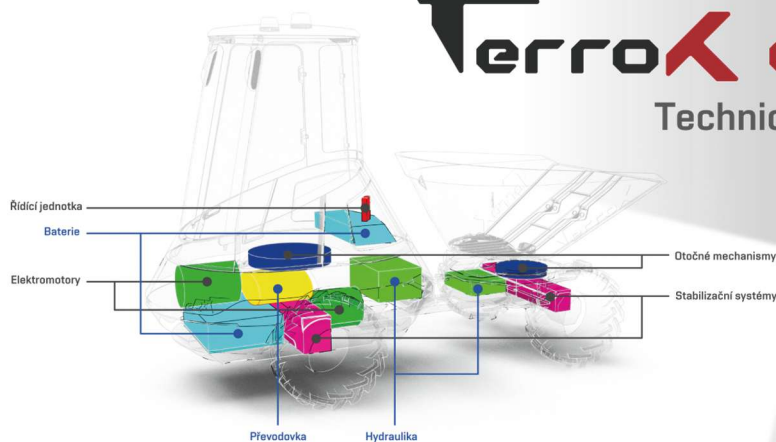
T VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA STROJNÍHO
TECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ
V BRNĚ

ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

odbor
průmyslového
designu

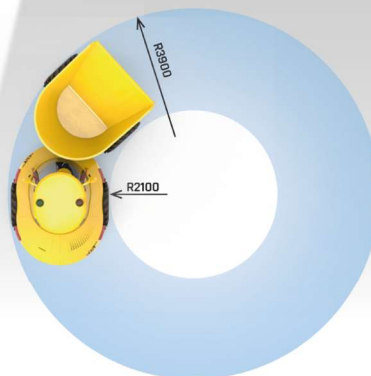
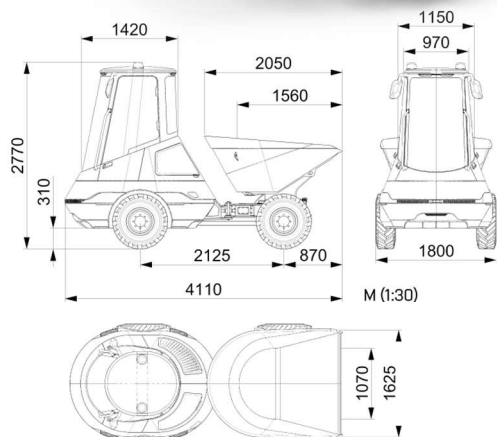
TerroX e03T

Technický poster



Konstrukce stroje je tvořena ze svařovaného ocelového rámu, karoserie je dělena na několik částí z lisovaného plechu a interiér kabiny je složen převážně ze vstříkovaných plastů. Korba a její nosná konstrukce jsou tvořeny ohýbáním a svařováním silných plechů.

Stroj je poháněn dvojicí elektromotorů napojených na převodovku a hydraulické čerpadlo, přičemž baterie a řídicí jednotka jsou uloženy v zadní části pod servisními dvířky. Otočení korby zajišťuje hydraulický okruh s vlastním čerpadlem a nádrží. Kloubové spojení mezi přední a zadní částí umožňuje nejen horizontální natáčení, ale i svislý průhyb, díky čemuž stroj dosahuje výjimečné manévrovatelnosti s vnějším poloměrem otáčení pouze 3900 mm.



DESIGN STAVEBNÍHO DUMPERU NA ELEKTRICKÝ POHON / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Jan Gádoci / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ
V BRNĚ



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ



odbor
průmyslového
designu

Stavební dumper na elektrický pohon

2025

Jan Gádoci

vedoucí: doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

Stroj TERROK eD3T představuje moderní pojetí stavebního dumperu, jehož návrh byl formován s důrazem na funkčnost, ergonomii a charakter elektrického pohonu. Stroj disponuje schopností plynule otočit kabinu o 360°, což zajišťuje lepší výhled obsluhy za jakékoliv situace. Kabina svým kompaktním kónickým tvarem nejen usnadňuje rotaci a manévrování v omezeném prostoru, ale zároveň přispívá k minimalizaci slepých úhlů a zvyšuje bezpečnost provozu. Díky elektrickému pohonu je stroj ideální nejen pro klasické staveništní nasazení, ale i pro provoz v uzavřených prostorách, jako jsou haly, podzemní stavby či městské zóny citlivé na hluk a emise. Kombinací kompaktních rozměrů, nulových emisí a promyšlené ergonomie se TERROK eD3T stává univerzálním a udržitelným řešením pro současné i budoucí potřeby stavebního sektoru.

