



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 AUTONOMNÍHO DESKOVÉHO KOMPAKTORU

DESIGN OF AN AUTONOMOUS PLATE COMPACTOR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Zboran

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

BRNO 2025

Zadání diplomové práce

| | |
|-------------------|--|
| Ústav: | Ústav konstruování |
| Student: | Bc. Martin Zboran |
| 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 autonomního deskového kompaktoru

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vibrační desky jsou stavební, hutnicí stroje určené pro zhutnění zemin nebo živíc. Vyrábí se v široké škále výkonnostních variant a typů od řady výrobců a výtvarně–technické řešení je povětšinou podřízeno funkci, výrobní technologii a snaze o nízké výrobní náklady. Aplikace nových, nekonvenčních tvarových myšlenek, progresivních materiálů a technologií i snaha o nové formy celkového vizuálního výrazu představí toto téma jako atraktivní a v nových souvislostech.

Typ práce: vývojová – designérská

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

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Cílem je navrhnout progresivní designérský koncept autonomního vibračního kompaktoru s minimální šířkou 600 mm s aplikací klasických i nejnovějších technologií. Stroj je určen pro malosériovou – kusovou výrobu.

Dílčí cíle diplomové práce:

- analyzovat současnou produkci,
- navrhnou 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

Vibračný doskový kompaktor je stavebný stroj určený na hutnenie nesúdržných pôd pre dosiahnutie vhodného podkladu pre stavbu, prípadne úpravu asfaltu. Súčasný trend automatizácie v stavebnom priemysle otvára príležitosti pre vývoj autonómnych verzií týchto strojov. Autonómne vibračné doskové kompaktory by mohli priniesť vyššiu efektivitu, presnosť a bezpečnosť do stavebných procesov. Doterajší vývoj autonómnych hutniacich strojov sa sústreďuje prevažne na veľké valcové kompaktory, ako ukazujú projekty spoločností Hitachi, Trimble a Ammann. Z pozitívnych výsledkov zverejnených týmito firmami vyplýva, že tento trend bude naďalej pokračovať postupne k ďalším stavebným strojom. V súčasnosti totiž existuje len jeden prototyp autonómneho vibračného kompaktora z roku 2016. Táto absencia predstavuje významnú medzeru na trhu a príležitosť pre inováciu. Diplomová práca sa zameriava na návrh moderného vibračného kompaktora, ktorý spája výhody kompaktného dizajnu a autonómnych technológií.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

autonómny doskový kompaktor, automatizácia, stavebné stroje, design, stavebné technológie, hutnenie

ABSTRACT

Plate compactor is a construction machine designed for compacting non-cohesive soils to create a suitable foundation for construction or asphalt surfaces. The current trend of automation in the construction industry offers opportunities for the development of autonomous versions of these machines. Autonomous vibratory plate compactors could bring increased efficiency, precision, and safety to construction processes. The development of autonomous compaction machines has so far focused primarily on large roller compactors, as demonstrated by the projects of companies such as Hitachi, Trimble, and Ammann. The success and advantages of these machines indicate that this trend will continue to expand gradually to other construction equipment. Currently, there is only one prototype of an autonomous plate compactor from 2016. This absence represents a significant gap in the market and an opportunity for innovation. This thesis focuses on designing a modern plate compactor that combines the benefits of a compact design with autonomous technologies.

KEYWORDS

autonomous plate compactor, automation, construction machinery, design, civil engineering technologies, compaction

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

ZBORAN, Martin. *Design autonomního deskového kompaktoru*. Brno, 2025. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/165987>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Ladislav Křenek.

POĎAKOVANIE

Rád by som poďakoval pánovi doc. akad. soch. Ladislavu Křenkovi ArtD. za pripomienky, ktoré návrh často nasmerovali lepším smerom.

PREHLÁSENIE AUTORA O PÔVODNOSTI PRÁCE

Prehlasujem, že diplomovú prácu som vypracoval samostatne, pod odborným vedením doc. akad. soch. Ladislava Křenka ArtD. Súčasne prehlasujem, že všetky zdroje obrazových aj textových informácií, z ktorých som čerpal, sú riadne citované v zozname použitých zdrojov.

.....

Podpis autora

OBSAH

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD | 14 |
| 2 | PREHLAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA | 15 |
| 2.1 | Rešeršné metódy | 15 |
| 2.2 | Motivačná analýza | 16 |
| 2.3 | Designérska analýza | 20 |
| 2.3.1 | Wacker Neuson DPU 110 | 20 |
| 2.3.2 | Wacker Neuson DPU 130r | 21 |
| 2.3.3 | Husquarna LG 164 | 23 |
| 2.3.4 | Ammann APH 1000 TC | 24 |
| 2.3.5 | Ammann eAPX 68/95 | 25 |
| 2.3.6 | Ammann Autonomous Prototype 2016 | 27 |
| 2.3.7 | Husquarna LH 804 | 28 |
| 2.3.8 | Bomag BPH 80/65 S | 29 |
| 2.3.9 | Wacker Neuson AP2560e | 30 |
| 2.3.10 | Bomag BPR | 31 |
| 2.4 | Technická analýza | 32 |
| 2.4.1 | Vnútorne usporiadanie | 32 |
| 2.4.2 | Pohon | 34 |
| 2.4.3 | Mechanizmus vibrácií a spôsob manévrovania | 36 |
| 2.4.4 | Vibrujúci plát | 37 |
| 2.4.5 | Senzory | 38 |
| 2.4.6 | Batérie | 40 |
| 2.4.7 | Prostredie | 42 |
| 2.4.8 | Údržba | 43 |
| 2.4.9 | Ergonómia | 44 |
| 3 | CIELE PRÁCE | 45 |
| 3.1 | Vymedzenie problému | 45 |
| 3.1.1 | Názov produktu a jeho klasifikácia | 45 |
| 3.1.2 | Špecifikácia zákazníka | 45 |
| 3.1.3 | Špecifikácia spotrebiteľa | 45 |
| 3.1.4 | Špecifikácia trhu, ceny a výrobných technológií | 46 |
| 3.1.5 | Vymedzenie atribútov a cieľov produktu | 47 |
| 4 | KONCEPČNÝ NÁVRH | 48 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.1 | Analýza cieľov a špecifikácia obmedzení | 48 |
| 4.2 | Technická a funkčná analýza | 48 |
| 4.3 | Návrh alternatívnych riešení | 49 |
| 4.3.1 | Variant 1 | 50 |
| 4.3.2 | Variant 2 | 51 |
| 4.3.3 | Variant 3 | 52 |
| 4.4 | Analýza alternatívnych riešení a výber najlepšieho | 53 |
| 5 | PREDBEŽNÝ NÁVRH | 54 |
| 5.1 | Určenie tvaru | 54 |
| 5.2 | Určenie rozmerov | 55 |
| 5.3 | Určenie materiálov | 56 |
| 5.4 | Odhad výrobných nákladov a objemu výroby | 57 |
| 6 | DETAILNÉ RIEŠENIE | 58 |
| 6.1 | Tvarové riešenie | 58 |
| 6.1.1 | Proces navrhovania | 58 |
| 6.1.2 | Hlavná vizualizácia | 59 |
| 6.1.3 | Jednotlivé pohľady | 60 |
| 6.1.4 | Batériový priestor | 62 |
| 6.2 | Konštrukčné riešenie | 63 |
| 6.2.1 | Rozmery | 63 |
| 6.2.2 | Vnútorne komponenty a ich usporiadanie | 64 |
| 6.2.3 | Materiály a technológie výroby | 65 |
| 6.3 | Funkčné riešenie | 67 |
| 6.3.1 | Rám | 67 |
| 6.3.2 | Vetracie otvory | 68 |
| 6.3.3 | Senzory | 69 |
| 6.3.4 | Konektory | 70 |
| 6.3.5 | Transport | 71 |
| 6.3.6 | Svetelné prvky | 72 |
| 6.3.7 | Bezpečnostné pozastavenie | 73 |
| 6.4 | Ergonómia, bezpečnosť a hygiena | 74 |
| 6.4.1 | Ovládanie a monitorovanie | 74 |
| 6.4.2 | Výmena batérií | 75 |
| 6.4.3 | Núdzové tlačidlo | 76 |
| 6.4.4 | Hygiena | 77 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6.5 | Farebné a grafické riešenie | 78 |
| 6.5.1 | Farebné riešenie | 78 |
| 6.5.2 | Logo, identita | 79 |
| 6.6 | Udržateľnosť produktu | 80 |
| 6.7 | Hodnotenie kľúčových parametrov | 80 |
| 7 | ZÁVER | 81 |
| 8 | VÝSLEDOK VÝSKUMU PODĽA RIV | 82 |
| 9 | ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV | 83 |
| 10 | ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK, SYMBOLOV A VELIČÍN | 87 |
| 11 | ZOZNAM OBRÁZKOV A GRAFOV | 88 |
| 12 | ZOZNAM TABULIEK | 91 |
| 13 | ZOZNAM PRÍLOH | 92 |
| 14 | PRÍLOHY | 93 |

1 ÚVOD

Vibračné kompakory predstavujú dôležitú súčasť stavebných procesov. Ich účelom je hutnenie nesúdržných pôd a úprava povrchov na dosiahnutie pevného a stabilného podkladu. Tieto stroje sa využívajú vo viacerých oblastiach, ako sú stavby chodníkov, príjazdových ciest, menších asfaltových úprav či potrubných výkopov. Vďaka svojej relatívne malej veľkosti a dobrej manévrovateľnosti sú vhodné pre práce v stiesnených podmienkach.

Súčasný trend automatizácie v stavebnom priemysle otvára nové možnosti pre vývoj autonómnych stavebných strojov. Autonómne vibračné kompakory majú potenciál priniesť vyššiu efektivitu, presnosť a bezpečnosť do stavebných procesov, pričom dokážu minimalizovať potrebu nepretržitého dohľadu pracovníkov. Aktuálne môžeme sledovať testovanie prototypov autonómnych kompakčných valcov firmami ako Hitachi alebo Trimble. Na základe zverejnených výsledkov týchto testov môžeme konštatovať, že sa tento smer bude rozvíjať aj naďalej, a to postupne od najväčších strojov k tým menším. Tento predpoklad ďalej podporuje aj doposiaľ jediný prototyp autonómneho vibračného doskového kompaktoru od spoločnosti Ammann, ktorý sa objavil v roku 2016 na veľtrhu Bauma v Švajčiarsku. [1]

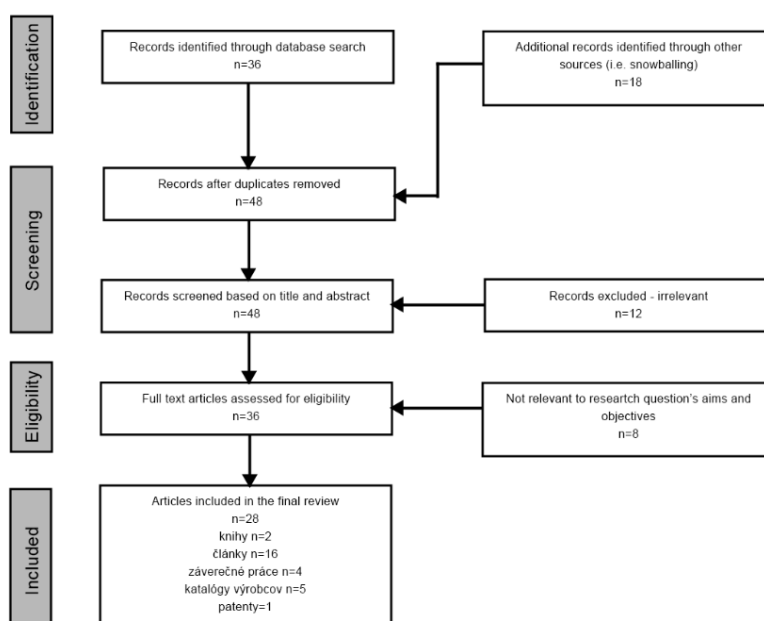
Táto diplomová práca si kladie za cieľ využiť túto medzeru a navrhnuť moderný autonómny vibračný doskový kompaktor, ktorý bude reflektovať potreby stavebného priemyslu. Návrh zohľadní pokrokové technológie, ekologickú udržateľnosť a optimalizáciu pracovných procesov s dôrazom na efektivitu a flexibilitu. Práca sa zameriava na vytvorenie koncepčného návrhu, ktorý by mohol nájsť uplatnenie v širokom spektre stavebných aplikácií.

2 PREHLAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA

2.1 Rešeršné metódy

V počiatku tvorby práce boli zadané kľúčové slová, ktoré prácu vystihujú a priamo vyplývajú z jej zadania, napríklad: „vibračný kompaktor; autonómnosť; bezpečnosť; senzory; kompakcia zeminy.“ Tieto kľúčové slová boli ďalej využité na vyhľadanie relevantných zdrojov práce v bibliografických databázach ako Google Scholar, Google Patents, VUT Primo, SCOPUS. Pri vyhľadávaní bol primárne používaný anglický jazyk pre zvýšenie relevantnosti vyhľadaných zdrojov, následne slovenský a český jazyk.

V hrubej rešerši bolo nájdených 36 zdrojov priamo a dodatočne cez tzv. snowballing ďalších 18. Po odstránení duplikátov bolo na ďalšie zvažovanie odložených 48 zdrojov. Po podrobnejšej analýze a odstránení nerelevantných či nehodnoverných zdrojov bolo napokon vybraných 28 zdrojov. Výsledné legitímne zdroje boli následne v citačnom manažéri delené do oblastí ako motivácia, technológie, bezpečnosť, vplyv na človeka či patenty.



Obr. 2-1 Triedenie zdrojov

2.2 Motivačná analýza

Vibračný doskový kompaktor je stavebný stroj určený na hutnenie povrchov, predovšetkým nesúdržných pôd, ako sú štrky, piesky alebo kamienkové zmesi. Jeho hlavným princípom fungovania je hmotnosť a vibrácia, ktorou sa jednotlivé častice materiálu usadzujú a tým vytvárajú pevný, rovnomerný a stabilný povrch. [2] Používa sa v širokom spektre aplikácií, od hutnenia základov pre dlažbu, chodníky, príjazdové cesty, až po menšie asfaltové opravy ciest a hutnenie pri potrubných výkopoch. Jeho výhodou je vysoká manévrovateľnosť a kompaktná veľkosť, čo ho predurčuje pre prácu v stiesnených priestoroch, kde nie je možné použiť väčšie stroje. Zároveň je schopný dosiahnuť kvalitné a homogénne hutnenie pri menšej vrstve materiálu, čo ho robí ideálnym nástrojom pre jemnejšie práce, kde je potrebná vyššia precíznosť.

S vývojom technológií a trendom automatizácie v priemysle je možné predpokladať, že autonómne vibračné doskové kompaktory budú mať čoskoro veľké zastúpenie na trhu. [3] S modernými stavbami, ktoré vyžadujú stále vyššiu efektívnosť a presnosť sa zvyšuje dopyt po strojoch, ktoré sú schopné pracovať bez nepretržitého ľudského dozoru. Autonómne stroje umožňujú nepretržitú prevádzku, zníženie nákladov na pracovnú silu a minimalizujú ľudské chyby. Okrem toho, s nárastom dopytu po menších, špecifických stavbách a opravách, autonómne stroje menšieho formátu, akými sú doskové kompaktory, budú neodmysliteľnou súčasťou budúcich stavebných procesov. Dokázali by optimalizovať proces hutnenia v stiesnených podmienkach či pri menších stavbách, kde je presnosť a flexibilita kľúčová. Navyše, vibračné doskové kompaktory sú v porovnaní s ostatnými kompaktormi veľmi ekonomické vzhľadom k ich počiatočnej cene, údržbe a efektívnosti.



Obr. 2-2 Kompaktor v pracovnom prostredí [4]

V oblasti vibračných doskových kompaktorov však dodnes poznáme len jeden autonómny prototyp od spoločnosti Ammann z roku 2016. Stroj bol predstavený na veľtrhu Bauma v Švajčiarsku. Zariadenie je postavené na základe predošlého diaľkovo ovládaného modelu APH 1000 TC, ku ktorému pribudla extenzia na vrchnej časti. Stroj fungoval na princípe veľmi presného GPS systému a kolíznych senzorov. Vymedzenie pracovnej plochy spočívalo v manuálnom „Teach mode,“ kedy operátor pomocou diaľkového ovládania stroj previedol po obode pracovnej plochy. Následne zapol autonómnu funkciu a stroj sa dokázal navigovať vnútri vyznačeného priestoru. [1] Tento model však dodnes nebol zaradený medzi produkty v katalógu a neexistujú o ňom ďalšie zmienky.



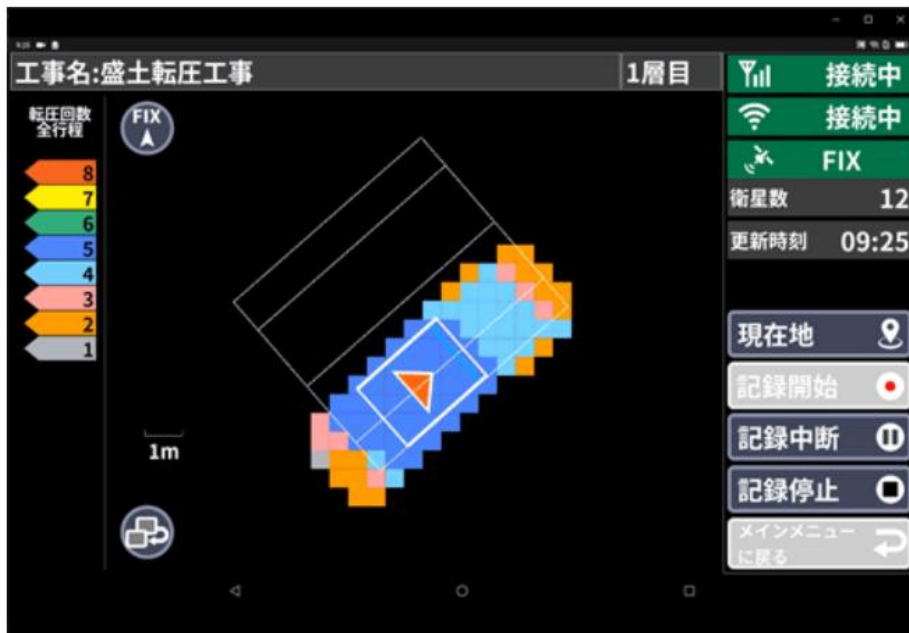
Obr. 2-3 Amman unveils first-ever autonomous vibratory plate [1]

Pri alternatívach vibračných doskových kompaktorov, ako sú napríklad vibračné valce, statické alebo tandemové valce či zákopové rollery, možno pozorovať snahu viacerých veľkých firiem o začlenenie autonómnych strojov do stavebného procesu. Spoločnosť Hitachi, konkrétne jej divízia Hitachi Construction Machinery vyvíja autonómny vibračný valec, ktorý by dokázal bezpečne spolupracovať s ľuďmi vďaka ICT/IoT technológii. Tento produkt je v štádiu prototypu pod označením „ZCORE“. Prototyp nemá žiadnu sedačku a na pracovnú plochu je dopravený pomocou diaľkového ovládania operátorom. Následne operátor spustí autonómnu funkciu a nastaví potrebné parametre. V rámci samostatnej práce stroj jazdí po vyznačenej trase, opracuje plochu a pri detekcii akejkoľvek prekážky okamžite zastaví. Z hľadiska bezpečnosti je vybavený LED diódami, reflektorom a klaksómom na varovanie pracovníkov nachádzajúcich sa v jeho blízkosti. [5]



Obr. 2-4 Hitachi autonomous compactor [5]

System nakonfiguruje plochu určenú na spracovanie a zobrazí pracovný plán na displeji. Operátor môže sledovať a kontrolovať pracovný proces pomocou dotykového tabletu, ktorý je bezdrôtovo prepojený s kompaktorom.



Obr. 2-5 Hitachi autonomous compactor software [5]

Spoločnosť Trimble v roku 2023 úspešne vykonala prvý test plne autonómneho zhutňovača pôdy na reálnom stavenisku, čím urobila významný krok smerom k naplneniu svojej vízie autonómnych technológií. Test prebiehal v rámci projektu Site C Clean Energy na rieke Peace v severovýchodnej Britskej Kolumbii, kde autonómny stroj Dynapac CA 5000 pracoval 37 hodín vedľa tradičných strojov s operátormi. Všetky stroje, bez ohľadu na prítomnosť operátora, odovzdávali údaje prostredníctvom softvéru Trimble WorksOS. Tento projekt bol vybraný vďaka významným výhodám, ktoré autonómne technológie prinášajú v oblasti nákladovej efektívnosti a bezpečnosti na rozsiahlych infraštruktúrnych stavbách. Site C je vodná elektrárňa, ktorá po dokončení zabezpečí dostatok elektrickej energie na zásobovanie 450 000 domácností. Testovanie autonómneho kompaktora bolo umožnené vďaka spolupráci s firmami ACCIONA a Samsung C&T, ktoré sa na projekte podieľajú. Spoločnosť Trimble plánuje pokračovať v testovaní autonómnych technológií aj v roku 2024 s cieľom ich zdokonalenia a prípravy na širšie komerčné využitie. [6]



Obr. 2-6 Trimble autonomous compactor [6]

Tieto skutočnosti poukazujú na jasný trend smerujúci k vývoju autonómnych strojov v stavebnom priemysle, pričom plne autonómne zhutňovače sa už nachádzajú v testovacej fáze. Tento vývoj odráža rastúci dopyt po efektívnejších, bezpečnejších a ekologickejších riešeniach pre veľké stavebné projekty. Súčasné zameranie na veľké autonómne stroje, ako sú valcové kompaktoary, však odhaľuje medzeru na trhu, keďže v súčasnosti neexistuje moderný vibračný doskový kompaktor využívajúci autonómnu technológiu. Táto situácia predstavuje významnú príležitosť na inovácie a vývoj menších, flexibilnejších autonómnych strojov, ktoré by mohli nájsť uplatnenie na rôznych typoch stavieb, kde z rôznych dôvodov nie je možné použiť veľké valce.

2.3 Designérska analýza

Navrhovaným produktom v tejto práci je autonómny vibračný kompaktor. Táto kapitola sa venuje analýze konkurenčných modelov aktuálne dostupných na trhu. Cieľom je zhodnotiť ich vlastnosti, výhody, nedostatky a estetické prevedenie.

2.3.1 Wacker Neuson DPU 110

Jedným z lídrov v oblasti stavebnej techniky, najmä vo vývoji vibračných kompaktorov, je spoločnosť Wacker Neuson. Medzi jej najpredávanejšie modely patrí DPU 110 – reverzibilný vibračný kompaktor ťažkej kategórie s hutniacou silou až 110 kN. Celý stroj váži 830 kg a efektívna šírka pracovnej plochy dosahuje 970 mm. Kompaktor je poháňaný dieselovým, vodou chladeným motorom s výkonom 18,5 kW. [7]



Obr. 2-7 Wacker Neuson DPU 110 [7]

Zariadenie sa ovláda manuálne pomocou polohovateľného ovládacieho ramena umiestneného na zadnej strane stroja. Toto rameno je navrhnuté tak, aby minimalizovalo prenos nežiaducich vibrácií na operátora, čím sa znižuje riziko zdravotných problémov pri dlhodobom používaní. Motor kompaktora je chránený segmentovými plechovými krytmi, čo umožňuje jednoduchú výmenu poškodených častí bez nutnosti výmeny celého krytu. Centrálna konštrukcia je vybavená oceľovým okom na vrchnej časti, ktoré umožňuje zavesenie zariadenia na rameno žeriavu alebo inej zdvíhacej techniky. Chladenie motora je zabezpečené rozsiahlymi vetracími otvormi, ktoré sú umiestnené na prednej aj zadnej strane stroja, nad ovládacím ramenom. Kompaktor sa vyrába v kombinácii matnej sivej a lesklej žltej farby. Dizajnovovo má hranaté telo s plochými bokmi a vrchnou časťou, pričom predná a zadná časť sú mierne zakrivené. Po hranách vedú masívne oceľové tyče, ktoré zvyšujú celkovú tuhosť a odolnosť stroja – a to nielen funkčne, ale aj vizuálne. Z konštrukčného hľadiska výrobca nezakrýva skrutky upevňujúce kryt motora, ktoré sú viditeľné a odlišnej farby. Vetracie prieduchy majú jednoduchý obdĺžnikový tvar, čo zjednodušuje výrobu a údržbu.

2.3.2 Wacker Neuson DPU 130r

Ďalší vibračný kompaktor značky Wacker Neuson. Tento model je vlajková loď spoločnosti. Najvýkonnejší vibračný kompaktor na trhu, schopný doručiť až 130 kN. Podľa výrobcu dosiahne produktivitu rovnajúcu sa 7 tonovému valcu, no vďaka úsporným obstarávacím a prevádzkovým nákladom na údržbu je ďaleko ekonomickejší. Váha stroja je takmer 1200 kg a pracovná šírka 1200 mm. Zariadenie je poháňané dieslovým motorom o výkone 24,5 kW. [8]



Obr. 2-8 Wacker Neuson DPU 130r [8]

Zariadenie nedisponuje žiadnym ovládacím ramenom, keďže je plne ovládané diaľkovým ovládačom za pomoci infračerveného žiarenia. Vďaka tomu teda nijak neprenáša vibrácie na operátora, nie je nutné regulovať jeho prestávky. Samostatného pohybu je zariadenie schopné vďaka rozdelenej doske na dve časti, ktoré pracujú nezávisle. Táto skutočnosť zaručuje skvelú manévrovateľnosť a nie je potrebné manuálne usmernenie operátorom. Stabilita stroja je vylepšená rozšírenou spodnou časťou, ktorá sa ďalej smerom hore zužuje. Oproti modelu 110 je kryt motora rozdelený na dve časti otvárajúce sa dopredu a dozadu. Stroj rovnako disponuje manipulačným okom na vrchnej časti. Farebne aj tvarovo je estetický štýl zachovaný, no model 130r má už karosériu menej hranatú. Prieduchy motora opäť pokrývajú prednú a zadnú stranu krytu a majú jednoduchý obdĺžnikový tvar.



Obr. 2-9 Wacker Neuson DPU 130r controller [8]

Diaľkové ovládanie je konštruované tak, aby bolo veľmi odolné a bezpečné. Celý panel je orámovaný akousi plastovou ohradou, ovládacie prvky ako mechanické tlačidlá a joysticky sú dostatočne veľké a kvalitne spracované. Ovládanie funguje na princípe infračerveného žiarenia. Operátor navyše musí nepretržite udržiavať očný kontakt s ovládaným strojom. Pri prerušení vizuálneho kontaktu či už otočením operátora alebo externého objektu vchádzajúceho medzi ovládač a stroj sa signál preruší a následne stroj okamžite zastaví. Týmto sa minimalizuje riziko nechcených samovoľných pohybov stroja.

2.3.3 Husquarna LG 164

Spoločnosť husquarna so zameraním na pracovnú techniku vyvinula model LG 164. V porovnaní so strojmi od Wacker Neuson je tento kúsok podstatne menší. Napájaný taktiež dieslovým motorom dokáže pôsobiť silou 28 kN pri váhe 170 kg. Pracovná šírka dosky je 450 mm. [9]



Obr. 2-10 Husquarna LG 164 [9]

Model má otvorenú konštrukciu pozostávajúcu z pevnej základne, oceľových tyčí lemujúcich telo stroja, vrchného a bočného krycieho panelu. Vnútorne komponenty sú z väčšiny odhalené, čo napomáha chladeniu a prístupnosti pri údržbe, no môže mať negatívny vplyv na znečistenie a výdrž komponentov a mechanizmov. Model má podľa výrobcu taktiež prepracované ovládacie rameno pre zabezpečenie maximálneho komfortu pracovníka. Rám je zvrchu vybavený zdvíhacím okom podobne ako pri modeloch spoločnosti Wacker Neuson. Toto oko je navyše vysúvateľné. Ako farebná kombinácia bola zvolená opäť matná šedá v kombinácii tento krát s lesklou pomarančovou oranžovou.

2.3.4 Ammann APH 1000 TC

Tento model vibračnej dosky je taktiež diaľkovo ovládaný, nenájdeme na ňom teda žiadne ovládacie rameno. Zariadenie váži 715 kg a je taktiež poháňané dieslovým motorom. Výkon tohto motora je 10,5 kW a dokáže pôsobiť silou 63 kN. [10] Motor ďalej poskytuje možnosť využívať hydrogenovaný rastlinný olej, teda biopalivo vyrobené z odpadu. Toto palivo znižuje emisie CO₂ až o 90%. Na stroji môžeme pozorovať, že má oproti modelom od Wacker Neuson len jednu vibračnú dosku. Napriek tomu však nemá najmenší problém so samostatným manévrouvaním vďaka niekoľkým nezávislým vibračným mechanizmom.



Obr. 2-11 Ammann APH 1000 TC [10]

Tvar zariadenia je opäť celkom hranatý. Prednú, zadnú aj vrchnú stranu tvoria v podstate úplne rovné plochy. Bočné strany sú potom taktiež rovné, no s ostrým ohybom približne v strede. Oproti modelom značky Wacker Neuson vetracie prieduchy nájdeme na prednej maske stroja a následne na malej časti bočného panelu. Zariadenie je lemované čiernym gumovým nárazníkom, ktorý pri prípadnej kolízii s prostredím pomáha tlmiť nárazy a zamedzí poškodeniu karosérie. Stroj disponuje na zadnej hrane očividným varovným majákom. Ako farebné prevedenie zvolil výrobca svoju typickú farebnú kombináciu. Stroj je jasne žltý a lesklý, predná, oddelená časť karosérie je potom farebne rozlíšená tyrkysovou farbou. Na prednej maske dominuje nápadné červené logo spoločnosti.



Obr. 2-12 Ammann APH 1000 TC controller [10]

Stroj môže byť taktiež ovládaný ovládačom spojeným káblom. Ako bezpečnostný prvok stroj taktiež okamžite zastaví po prerušení signálu. Dizajn ovládača je vcelku jednoduchý, jedná sa o hranatú skrinku s ostrými hranami. Z prednej časti vystupuje kovová ohrada zamedzujúca neúmyselnému pohybu joysticku zapríčinenému kolíziou s inými objektmi. Táto ohrada slúži zároveň ako miesto ukotvenia popruhu.

2.3.5 Ammann eAPX 68/95

Produkt eAPX 68/95 je taktiež od značky Ammann. V roku 2022 bol tento revolučný stroj nominovaný na cenu za inováciu bauma. Jedná sa o prvú vibračnú dosku na svete, ktorá sa dokáže pohybovať v oblúku, kruhu alebo sa otočiť na mieste. Model je poháňaný na elektrický pohon litiovo-železno-fosfátovou batériou. Vďaka tomu, že elektromotory sú oproti spaľovacím motorom menšie, výrobcovi sa ich podarilo do tohto stroja umiestniť rovno 4. Vďaka tomu teda dokážu nezávisle pracovať v rôznych smeroch a variáciou frekvencie plynule menia smer pohybu stroja. Zariadenie má nízku pracovnú výšku, vďaka čomu môže byť použité v rôznych výkopoch alebo pod podpernými systémami a vzperami, ktoré zastavujú bežné stroje. Váži 620 kg a dokáže na jedno nabitie pracovať približne 80 minút. Nabitie do plnej kapacity potom trvá zhruba 30 minút. [11]



Obr. 2-13 Ammann eAPX 68/95 [12]

Už na prvý pohľad je možné všimnúť si tvarových odlišností. Oproti bežným modelom, ktoré majú v podstate obdĺžnikovú podstavu má eAPX podstavu štvorcovú so skosenými rohmi. V rovnakom štýle je navrhnutá aj karoséria. Hranatý štýl vychádza z aktuálnej ponuky kompaktorov spoločnosti, zariadenie sa jemne zužuje smerom nahor. Rohy sú tvarovo vyriešené skoseniami, rovnako tak aj vrchné hrany. Snímateľná časť karosérie je opäť farebne odlišená tyrkysovou farbou, zvyšok stroja je ladený do známej, jasnej žltej. Po obvode taktiež nechýba ani čierny, gumený nárazník. Na prednej strane môžeme vidieť šedé chladiace prieduchy a opäť výrazné červené logo značky.

Ovládaný je stroj za pomoci diaľkového ovládania, taktiež chýba akékoľvek rameno na manuálne ovládanie. Produkt momentálne nie je v ponuke oficiálneho katalógu na predaj, no podľa výrobcu sa nejedná o prototyp. Zakúpenie je pravdepodobne možné na osobné vyžiadanie od spoločnosti.

2.3.6 Ammann Autonomous Prototype 2016

Spoločnosť Ammann v roku 2016 predstavila prvý a v súčasnosti stále jediný dohľadateľný autonómny vibračný doskový kompaktor. Model je konštrukčne založený na modeli APH 1000 TC. Rozlišovacím znakom je viditeľný prídavok na vrchu tyrkysovej časti. Taktiež výstražný maják sa presunul zo zadnej hrany na tento prídavok, zároveň zmenil farbu na červenú. V tejto vystúpenej časti sa nachádza sada senzorov zabezpečujúcich autonómny pracovný proces.

Výrobca argumentuje tým, že sa jedná o ďalší logický krok v tomto odvetví. Keďže sa už dlhšiu dobu tešia popularite autonómne vysávače a kosačky, prečo nie stavebná technika. Stavební pracovníci bežne čelia nepriaznivým veterným podmienkam, dažďu, silnému slnku a podobne. Operátori vibračných kompaktorov navyše musia čeliť nepríjemným a škodlivým pôsobeniam tohto zariadenia ako splodiny spaľovacieho motora, vibrácie či hluk. Tento problém by mohol byť vyriešený práve autonómnym vibračným kompaktorom.

Princíp fungovania zariadenia spočíva v prvotnom nastavení pracovnej plochy operátorom. Ten najprv pomocou diaľkového ovládania stroj prevedie po hranici pracovnej plochy, následne spustí automatickú kompakciu a stroj sa už dokáže navigovať po pracovnej ploche samostatne pomocou GPS senzorov. Pamätá si hranice plochy, disponuje systémom detekcie kolízie. Deviácie GPS systému sú kompenzované miernymi presahmi spracovanej zeminy na zaistenie dostatočnej kompaktie na celom povrchu. [1]



Obr. 2-14 Ammann autonomous plate compactor [1]

2.3.7 Husquarna LH 804

Jedná sa o najväčší stroj značky Husquarna z kategórie vibračných kompaktorov. 820 kg ťažký stroj je plne hydraulický, napájaný dieslovým motorom. Dokáže vyvinúť silu 95 kN a pracovnou plochou zaberá 660 mm na šírku. Z konštrukčného hľadiska je stroj pevne prekrytý karosériou, v zadnej časti sú dominantné dve tyče ochrannej konštrukcie vedúce po hranách stroja. Predná strana a taktiež aj vrchná zadná strana disponuje kapotou pre jednoduchý prístup. Zvyšok karosérie je upevnený skrutkami. Na vrchu stroja tradične nájdeme manipulovacie oko na upevnenie žeriavom alebo inou zdvíhacou technikou. Doska je jednoduchého tvaru s obdĺžnikovou podstavou a ostrými rohmi. Z profilu môžeme vidieť mierne zošikmenie na krajoch pre zlepšenie pohybu vpred a vzad. Vetracie prieduchy nájdeme len na prednej kapote, sú vyriešené formou jednoduchých pilulkových výrezov. Z bočnej strany sa nachádza priznaný výfuk dieslového motora. Vrchná karoséria a vibrujúca doska je oddelená pevným rámom lemujúcim celý stroj. [13]



Obr. 2-15 Husquarna LH 804 [13]

Zariadenie je ovládané diaľkovým ovládačom pomocou technológie Bluetooth. Ovládač má obdĺžnikový tvar s oblúkovým vykrojením smerom k operátorovi, ďalej oblúkovou extenziou na protiľahlej strane slúžiacou na ochranu pred nežiadúcou kolíziou okolitého prostredia s ovládacími prvkami. Ovládač disponuje popruhom, ktorý sa upevní operátorovi okolo ramien. Oproti konkurenčným modelom má ovládač jediný joystick, ktorý slúži zároveň na otáčanie aj pohyb vpred a vzad. Ovládač obsahuje aj jednoduchý display schopný zobrazovať základné informácie.

2.3.8 Bomag BPH 80/65 S

Diaľkovo ovládaný vibračný kompaktor od firmy Bomag vážiaci 750 kg je poháňaný dieslovým motorom o výkone takmer 11 kW. Stroj dokáže vyvinúť silu 80 kN a pracovná šírka kompakčnej dosky je v najvyššej rade 800 mm. Kompaktor má dominantnú kapotu objemom vystupujúcu nad zvyšok tela. Kapota je vyklápacia s pántami smerom vpred. Z prednej strany sú po celej ploche chladiace prieduchy, taktiež ich nájdeme aj na bočnej časti. Motorová časť je od dosky pomyselne oddelená pevným rámom. V zadnej časti tiež nájdeme menšiu kapotu s prieduchmi vzadu. Na vrchu zariadenia je tradične umiestnené oko na manipulovanie so strojom pomocou zdvíhacej techniky. Z tvarového hľadiska je stroj hranatý, s rovnými stenami s miernym skosením vpredu. Všetky hrany karosérie sú zaoblené rádiusom. Samotná doska stroja má možnosť rozšírenia výmenou bočných lyží. [14]



Obr. 2-16 Bomag BPH 80/65 S [14]

Diaľkový ovládač je firmou Bomag vyriešený oproti konkurencii netradične. Objemovo je komponovaný vo výškovom rozmere, joysticky sú umiestnené na dvoch valcových častiach na bokoch. Samotné joysticky sú ďalej ochránené plastovými prstencami. Medzi joystickmi sa na vrchnej časti nachádzajú tlačidlá, dominantné červené núdzové tlačidlo. Z prednej časti je viditeľný zapínač ovládaču. Samotný ovládač je opäť doplnený o popruh pre zabezpečenie operátorovho pohodlia.

2.3.9 Wacker Neuson AP2560e

Batériou poháňaná vibračná doska AP2560e od spoločnosti Wacker Neuson je moderným riešením pre bezemisné zhutňovanie, ktoré kombinuje vysoký výkon, odolnosť a efektívnosť. Tento model poskytuje tlak 25 kN. Jedným z jeho hlavných benefitov je schopnosť pracovať celý deň na jedno nabitie batérie, čo zvyšuje jeho praktickosť a efektívnosť na staveniskách. Použitá Li-Ion batéria je navyše modulárna a môže sa použiť aj pre iné stroje od tohto výrobcu. Okrem toho táto technológia šetrí až 70 % nákladov na energiu v porovnaní s tradičnými benzínovými strojmi rovnakej váhovej kategórie. Stroj pracuje úplne bez emisií, čo chráni pracovníkov na staveniskách a umožňuje jeho nasadenie aj v uzavretých priestoroch alebo v oblastiach s prísnyimi emisnými predpismi, ako sú mestské centrá. Vďaka absencii pohonov pomocou V-remeňa je tento model tiež úplne bezúdržbový, čím sa znižujú prevádzkové náklady a nároky na údržbu. [15]



Obr. 2-17 Wacker Neuson AP2560e [15]

2.3.10 Bomag BPR

BOMAG BPR 35/60 D je všestranný reverzibilný vibračný kompaktor s výkonom v triede od 25 do 40 kN, určený na použitie pri rôznych povrchových úpravách a stavebných prácach. Tento model je vybavený nízkovibračnou, výškovo nastaviteľnou riadiacou tyčou s jednoduchým jednoručným ovládaním a možnosťou jej zaistenia v prepravnej alebo pracovnej polohe. Riadiaca tyč obsahuje reguláciu vibrácií a plynu, čo zvyšuje pohodlie pri ovládaní.

BPR 35/60 D má motor chránený kvalitným oceľovým krytom, ktorý možno uzatvoriť, aby sa minimalizovali potenciálne poškodenia. Zariadenie je navrhnuté pre maximálnu ochranu pri práci, vrátane systému automatického vypnutia pri nízkej hladine oleja. V záujme maximálnej odolnosti je základová doska kompaktora práškovo lakovaná a vyrobená z vysoko odolného materiálu, čo prispieva k dlhej životnosti zariadenia. Pásová ochrana na V-remeň je plne zakrytá, čo zaručuje spoľahlivosť a ochranu pred opotrebovaním.

Medzi voliteľné príslušenstvo patrí uzavretý kryt motora z vysoko pevnej ocele (+10 kg), transportné kolesá (+5 kg), elektrický štartér, plastová rohož a rôzne servisné a nástrojové sady. Vďaka hmotnosti od 135 do 300 kg a voliteľným transportným kolieskam je BPR 35/60 D ľahko prenosný, čo z neho robí ideálnu voľbu pre širokú škálu aplikácií v stavebníctve a povrchových úpravách. [16]



Obr. 2-18 Bomag BPR [16]

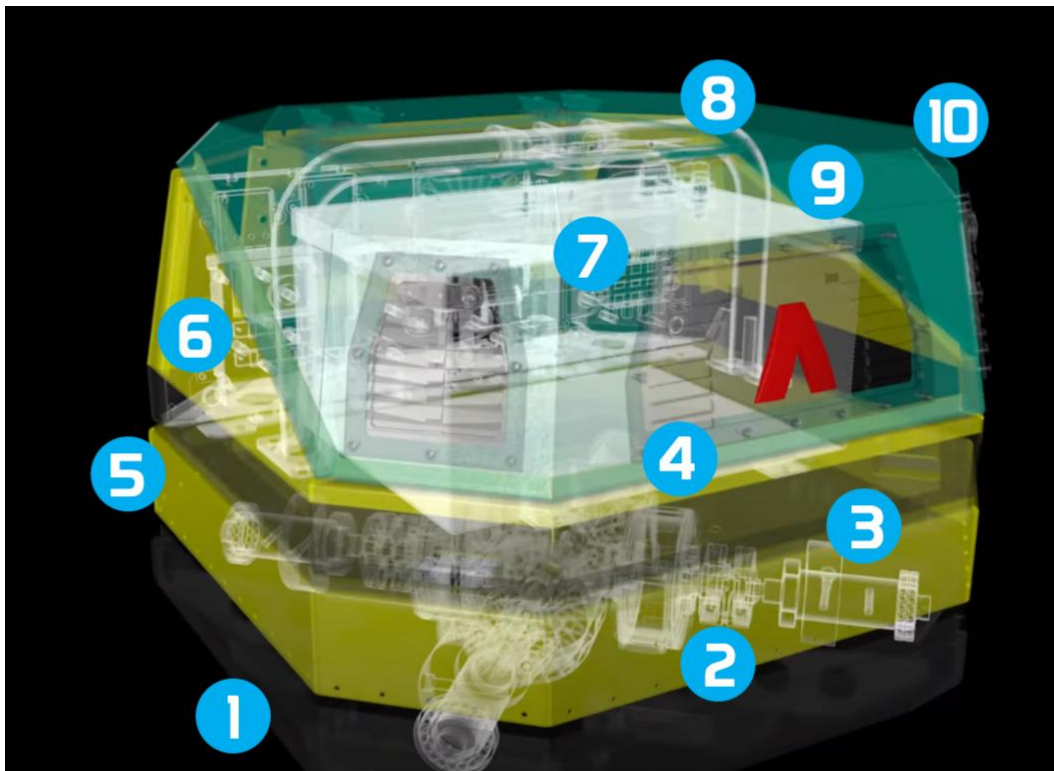
2.4 Technická analýza

Zmyslom technickej analýzy pri navrhovaní autonómneho vibračného doskového kompaktoru je zhodnotiť a optimalizovať všetky kľúčové aspekty jeho konštrukcie a fungovania. Ide najmä o identifikáciu správnych senzorových technológií pre detekciu povrchu a prekážok, vhodného spôsobu pohonu a integráciu komunikačných systémov pre sledovanie a spracovanie dát v reálnom čase. Technická analýza zabezpečuje, aby bol stroj schopný autonómne a efektívne plniť svoje úlohy, zaisťoval bezpečnosť a minimalizoval potrebu ľudského zásahu.

2.4.1 Vnútorne usporiadanie

Pri návrhu vnútorného rozloženia komponentov autonómneho vibračného kompaktora s elektrickým pohonom je dôležité zohľadniť špecifické požiadavky súvisiace s elektrickým zdrojom energie a vibráciami. Na rozdiel od tradičných dieselových modelov, elektrický pohon umožňuje flexibilnejšie rozmiestnenie komponentov, keďže motory, batéria a riadiace systémy môžu byť efektívnejšie usporiadané. Riadiaca jednotka a ďalšie elektronické komponenty sú umiestnené v izolovanom priestore, aby boli chránené pred vibráciami a prachom, čo prispieva k ich dlhodobej spoľahlivosti. Systém prenosu vibrácií, ktorý je napojený na základovú dosku, je odpojený od hlavného krytu a komponentov citlivých na vibrácie pomocou tlmiacich prvkov, čím sa minimalizuje prenos nežiaducej energie na citlivé časti. Týmto spôsobom sa dosahuje optimálna účinnosť stroja a zároveň predlžuje jeho životnosť.

Model eAPX 68/95 3D od spoločnosti Ammann, ako jediný známy elektrický koncept veľkého doskového kompaktora disponuje štyrmi elektromotormi rozloženými v tvare písmena „X,“ pričom vydrží pracovať 80 minút, následne sa nabíja na plnú kapacitu zhruba 30 minút. [11; 12]



Obr. 2-19 Vnútoré rozloženie komponentov [12]

| | | | |
|---|--------------------|----|---------------------------|
| 1 | Vibračná doska | 6 | Kabeláž, chladiaci systém |
| 2 | Elektromotor (1/4) | 7 | Riadiaca jednotka |
| 3 | Excitátor (1/4) | 8 | Ochranný rám |
| 4 | Chladiaci prieduch | 9 | Batéria |
| 5 | Rám tela | 10 | Karoséria |

Tab. 2-1 Popis komponentov

2.4.2 Pohon

Na pohon vibračných kompaktorov sa používajú aktuálne dva druhy pohonu, teda dieselový a elektrický motor. Veľká väčšina produktov na súčasnom trhu stále používa spaľovací motor, nakoľko má výhody nižšej obstarávacej ceny, vysokého výkonu, dlhej prevádzky a veľmi rýchle doplnenie paliva. Tieto motory však majú podstatné nevýhody, ktoré sa v súčasnej dobe stávajú čoraz závažnejšími. Jedná sa predovšetkým o spaľovacie splodiny, ktoré sú škodlivé jednak pre ľudí, no aj pre životné prostredie. Taktiež prispievajú skleníkovému efektu a globálnemu otepľovaniu. Tieto problémy riešia elektrické motory, nakoľko neprodukurujú žiadne škodlivé splodiny, cena doplnenia paliva resp. cena nabitia je nižšia a energetická efektívnosť je naopak vyššia. Tieto motory však majú aj podstatné nevýhody. Na jedno nabitie nevydržia pracovať príliš dlho, pričom čas potrebný na ich nabitie taktiež výrazne prevyšuje čas potrebný na doplnenie pohonných hmôt pri alternatívnych spaľovacích motoroch. [11]

Elektrické vozidlá vo všeobecnosti využívajú rôzne druhy elektromotorov na premenu elektrickej energie na mechanický pohon. Tieto motory disponujú odlišnými vlastnosťami, ktoré určujú ich vhodnosť pre konkrétne aplikácie. Výber konkrétneho elektromotora závisí od požiadaviek na výkon, účinnosť a prevádzkové náklady, čo je dôležitý faktor pri návrhu elektrických pohonných systémov. Najčastejšie sa v podobných aplikáciách používajú:

Sériový jednosmerný (DC) motor

Sériové jednosmerné motory sa vyznačujú vysokou účinnosťou a schopnosťou produkovať značný krútiaci moment aj pri nižších rýchlostiach. Táto vlastnosť ich predurčuje na využitie v elektrických vozidlách, kde poskytujú efektívny pohon pri nízkych otáčkach. Ich jednoduchá konštrukcia umožňuje presnú reguláciu rýchlosti a krútiaceho momentu. Kvôli výraznému tepelnému výkonu si však vyžadujú účinné chladenie prostredníctvom ventilácie alebo externých chladiacich systémov.

Bezuhlíkový jednosmerný (BLDC) motor

BLDC motory nevyužívajú mechanickú komutáciu pomocou kefiiek, čím sa zvyšuje ich účinnosť a predlžuje životnosť. Ich kompaktné prevedenie minimalizuje tepelné straty a redukuje hlučnosť, čo ich robí ideálnymi pre elektrické vozidlá. Zároveň si vyžadujú menej pohyblivých súčiastok, čo vedie k nižším nákladom na údržbu a zvyšuje spoľahlivosť prevádzky.

Synchrónny motor s permanentnými magnetmi (PMSM)

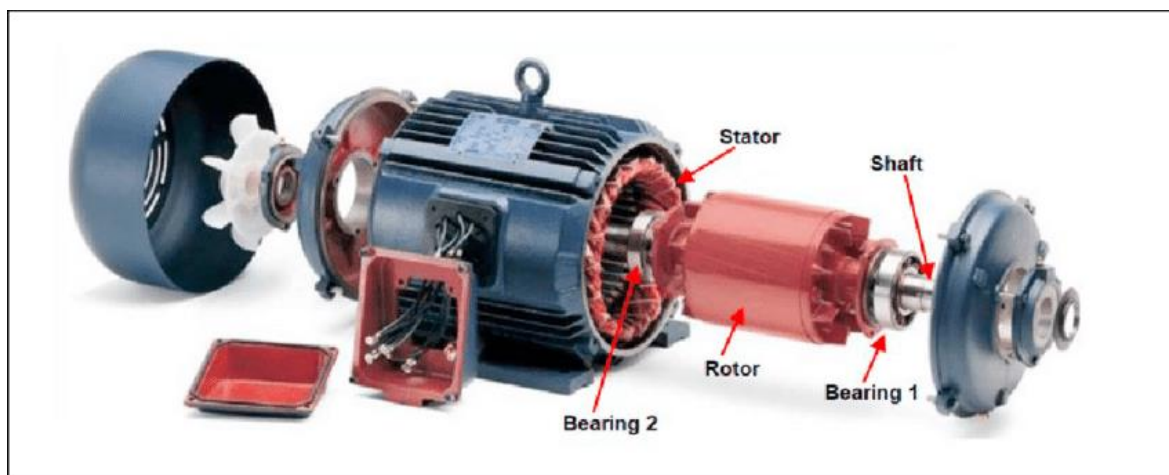
PMSM motory sú charakteristické vysokou hustotou výkonu a nižšou spotrebou elektrickej energie v porovnaní s indukčnými motormi. Rotor týchto motorov obsahuje permanentné magnety, ktoré zvyšujú účinnosť a znižujú energetické straty. PMSM motory poskytujú flexibilitu konfigurácie a môžu byť navrhnuté ako jednofázové alebo trojfázové, čo ich robí vhodnými pre súčasné elektrické vozidlá.

Trojfázový asynchrónny (indukčný) motor

Indukčné motory vynikajú vysokým krútiacim momentom a energetickou efektívnosťou. Ich robustná konštrukcia a schopnosť odolávať preťaženiu ich predurčujú na použitie v aplikáciách, kde je potrebná presná regulácia výkonu. Nevýhodou týchto motorov je však obmedzená variabilita rýchlosti a mierne vyššie obstarávacie náklady.

Prepínaný reluktančný motor (SRM)

Motory SRM sú známe svojou jednoduchou konštrukciou a vysokou účinnosťou pri regulácii krútiaceho momentu. Pracujú na princípe premennej reluktancie, čím umožňujú presné riadenie otáčok a výkonu. Ich hlavnou výhodou je nízka tepelná strata a vysoká spoľahlivosť. V porovnaní s inými typmi elektromotorov môžu byť hlučnejšie, čo v prípade vibračného kompaktora nie je veľká komplikácia, nakoľko stroj je sám relatívne hlučný. [17][18]



Obr. 2-20 Exploded view of an asynchronous motor [19]

Model eAPX 68/95 3D od spoločnosti Ammann, ako jediný známy koncept veľkého doskového kompaktora disponuje štyrmi elektromotormi rozloženými v tvare písmena „X,“ pričom vydrží pracovať 80 minút, následne sa nabíja na plnú kapacitu zhruba 30 minút. [19]

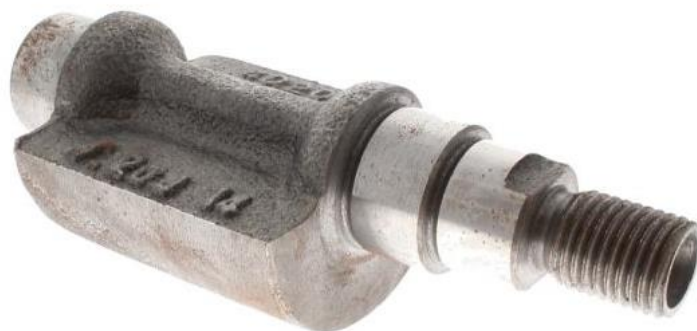
2.4.3 Mechanizmus vibrácií a spôsob manévrovania

Vibračný mechanizmus alebo excitátor je kľúčovou súčasťou vibračného kompaktora, ktorej hlavnou úlohou je generovanie vibrácií potrebných na efektívne hutnenie materiálov. Toto zariadenie funguje na princípe rotácie excentrických závaží alebo využitia hydraulických či elektromagnetických systémov na vytvorenie harmonických kmitov. Vibrácie produkované excitátorom zvyšujú účinnosť hutnenia tým, že redukujú trenie medzi časticami materiálu, čím umožňujú ich lepšie usporiadanie a zvyšujú výslednú hustotu. Technické parametre excitátora, ako sú frekvencia, amplitúda a smer vibrácií, sú starostlivo navrhnuté a dokonca môžu byť dynamicky upravované podľa aktuálnych požiadaviek konkrétneho kompakčného procesu, aby sa dosiahol optimálny výkon a efektivita stroja. Vo vibračných kompaktoroch pôdy poznáme tri hlavné druhy excitátorov:

Hydraulické excitátory používajú na vytváranie vibračnej sily hydraulický motor. Motor je pripojený k excentrickej záťaži, ktorá pri rotácii vytvára vibrácie. Hydraulická kvapalina sa používa na prenos energie do motora a intenzita vibrácií sa dá nastaviť zmenou prietoku kvapaliny.[20]

Pneumatické excitátory používajú na generovanie vibračnej sily stlačený vzduch. Pneumatický motor je pripojený k excentrickej záťaži, ktorá pri rotácii vytvára vibrácie. Intenzita vibrácií sa dá nastaviť zmenou tlaku stlačeného vzduchu.

Elektrické excitátory napokon používajú na vytváranie vibračnej sily elektrický motor. Motor je pripojený k excentrickej záťaži, ktorá pri rotácii vytvára vibrácie. Intenzita vibrácií sa dá nastaviť zmenou rýchlosti elektrického motora. [21]



Obr. 2-21 Exciter for Wacker Plate Compactor [22]

Smer pohybu sa ovláda upravením smeru otáčania alebo rýchlosti excentrického mechanizmu. V režime dopredu je vibračný vzor nastavený tak, aby posúval stroj vpred. Pre režim dozadu je možné obrátiť otáčanie excitátora, čím sa zmení na pohyb vzad.

Kompaktory sa môžu otáčať zmenou vibrácie v rôznych miestach dosky. Ak je viac vibračnej sily smerovanej na jednu stranu, kompaktor sa prirodzene otočí do druhej strany. Cieľovým nastavením intenzity alebo rýchlosti vibrácie na jednej strane dosky môže operátor riadiť chod kompaktora doľava alebo doprava.

2.4.4 Vibrujúci plát

Plát alebo doska na vibračnom kompaktore je plochá, robustná kovová súčasť, ktorá je umiestnená na spodnej časti zariadenia a slúži na prenos vibračných síl na zem alebo iný materiál, ktorý je potrebné zhutniť. Keď kompaktor generuje vibrácie pomocou excitátora, tieto vibrácie sa cez dosku prenášajú na pôdu, asfalt alebo štrk, čím dochádza k ich efektívnemu zhutneniu. Tvar a materiál dosky sú navrhnuté tak, aby zabezpečili rovnomerné rozloženie síl a maximálnu účinnosť pri hutnení rôznych typov povrchov.

Dosky na vibračných kompaktoroch sa vyrábajú z odolných materiálov, zvyčajne z ocele, ktorá odoláva vysokému zaťaženiu a opotrebeniu. Doska musí byť dostatočne masívna, aby zvládla opakované vibrácie bez deformácií, a zároveň musí mať povrch, ktorý umožní hladké klzanie po zhutňovanom materiáli bez jeho poškodenia. Kvalitná doska je dôležitá pre efektívnosť celého kompaktora, pretože práve ona zabezpečuje priamy kontakt so zhutňovaným materiálom.

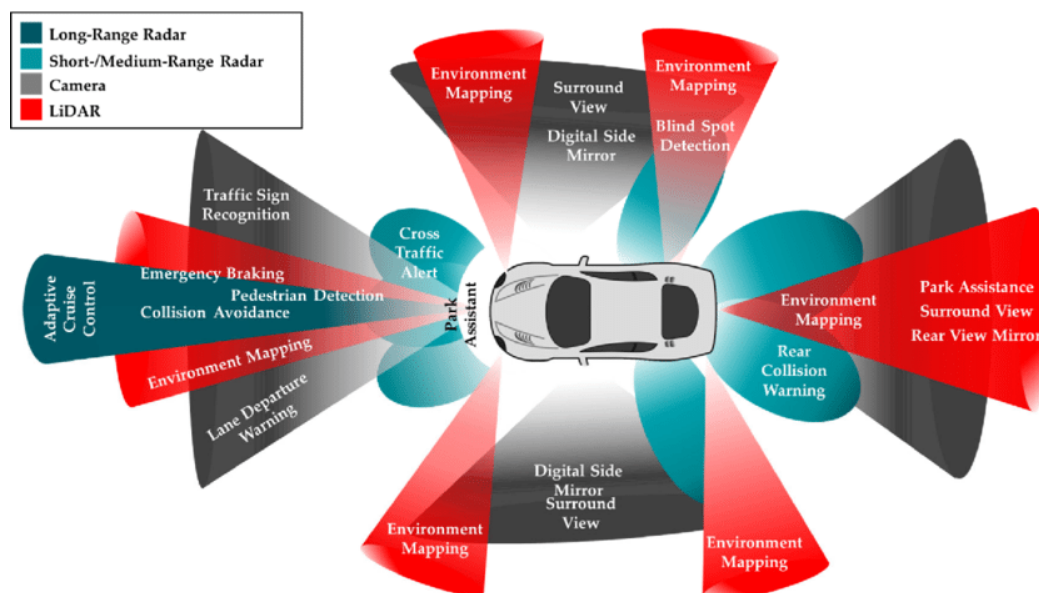


Obr. 2-22 Wacker Neuson DPU 130r dual plate [23]

Niektoré modely kompaktorov dokonca využívajú systém tzv. dvojenej dosky, kedy je doska rozdelená na dve nezávisle fungujúce časti. Tieto časti sa dokážu mierne otáčať a nakláňať, čím veľmi efektívne doska manévruje. Pre exaktnú prácu pozdĺž prekážok či vnútri rôznych výklenkov nie je za potreby žiadne komplikované posunovanie. [23]

2.4.5 Sensory

Kľúčovým prvkom autonómnych vozidiel je využívanie senzorov na získavanie vstupných informácií o prostredí. Rôzne senzory vynikajú v rôznych podmienkach ako priame slnečné žiarenie, tma, dážď a podobne. Z tohto dôvodu sa v autonómnych vozidlách využíva fúzia senzorov, teda kombinácia viacerých technológií, ktorá zabezpečuje bezpečnú a efektívnu navigáciu. [24]



Obr. 2-23 Overview of sensors in autonomous vehicles [24]

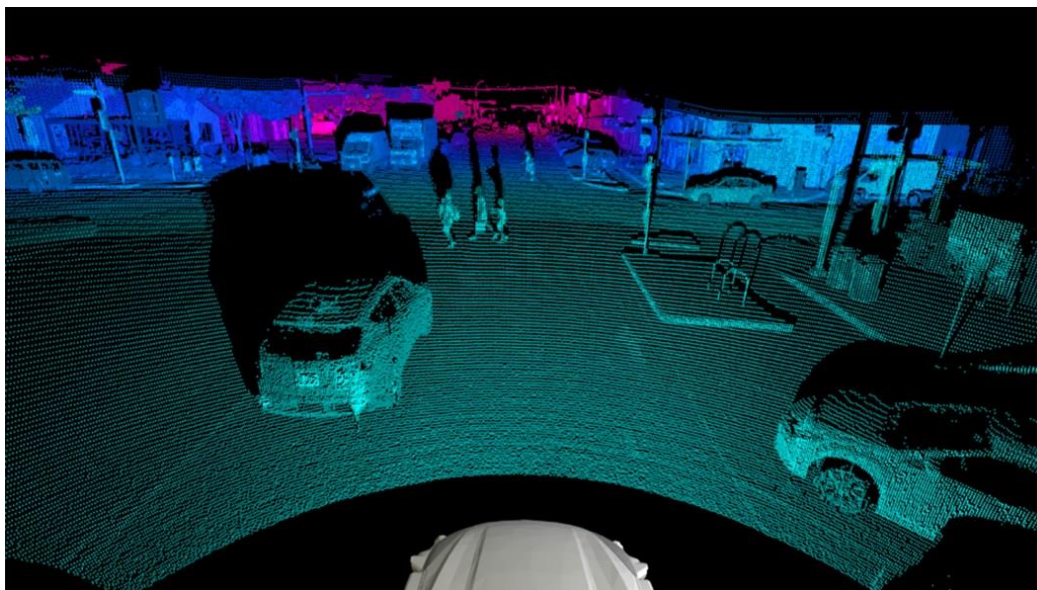
Pre dostačujúce množstvo informácií o okolí stroja na dosiahnutie bezpečnosti a efektívnosti stroja v praxi stačia nasledujúce senzory, ktoré sa využívajú v širokej škále autonómnych zariadení:

Kamery

Kamery patria medzi najrozšírenejšie technológie na snímanie okolia, pričom zachytávajú ostré snímky prostredia pomocou svetla. Ich hlavnými výhodami sú cenová dostupnosť a schopnosť identifikovať objekty a prekážky prostredníctvom pokročilého softvéru. Vysoké rozlíšenie umožňuje presné rozpoznávanie značiek, semaforov či chodcov. Nevýhodou kamier je však znížená efektívnosť pri nepriaznivých svetelných podmienkach, ako sú priame slnečné žiarenie, tma alebo silné tieň.

LiDAR

LiDAR (Light Detection and Ranging) je senzor, ktorý vysiela infračervené alebo laserové impulzy a na základe ich odrazu vypočítava vzdialenosť objektov. Táto technológia sa vyznačuje vysokou presnosťou a schopnosťou vytvárať detailné 3D mapy prostredia, čo je kľúčové pre autonómnu navigáciu. Hlavnými nevýhodami LiDAR-u sú vysoká cena a technologická náročnosť, čo obmedzuje jeho široké využitie v komerčných vozidlách. Napriek tomu sa LiDAR čoraz častejšie používa na detekciu prekážok a tvorbu digitálnych modelov terénu. [25]



Obr. 2-24 LiDAR sensor in autonomous vehicles [25]

Radar

Radar pracuje na princípe vysielania elektromagnetických vln, ktoré sa odrážajú od objektov, čím umožňuje presné meranie vzdialenosti a rýchlosti pohybujúcich sa objektov. Medzi jeho hlavné výhody patrí spoľahlivosť v rôznych poveternostných podmienkach, ako sú dážď, hmla alebo sneh, a efektívna detekcia pohybujúcich sa vozidiel a chodcov. Hoci radar neposkytuje takú detailnú vizualizáciu ako LiDAR alebo kamery, jeho schopnosť pracovať v noci a v zhoršených podmienkach z neho robí nepostrádateľnú súčasť autonómnych systémov. [26]

GPS

Globálny polohový systém (GPS) zohráva kľúčovú úlohu pri určovaní polohy autonómnych vozidiel. Tento systém využíva satelitné signály na presnú lokalizáciu a umožňuje vozidlu navigovať po stanovených trasách. Výhodou GPS je jeho vysoká presnosť v otvorených priestoroch a možnosť integrácie s inými senzormi na optimalizáciu navigácie. Nevýhodou je však nižšia spoľahlivosť v tuneloch, medzi vysokými budovami alebo v oblastiach s obmedzeným satelitným signálom. Preto sa GPS často kombinuje s inými senzormi, ako sú inerciálne meracie jednotky (IMU) a mapovacie systémy, aby sa dosiahla maximálna presnosť polohovania. [27]

Fúzia týchto senzorov umožňuje vytvorenie komplexného obrazu okolia, čím zvyšuje bezpečnosť a spoľahlivosť autonómnych vozidiel.

2.4.6 Batérie

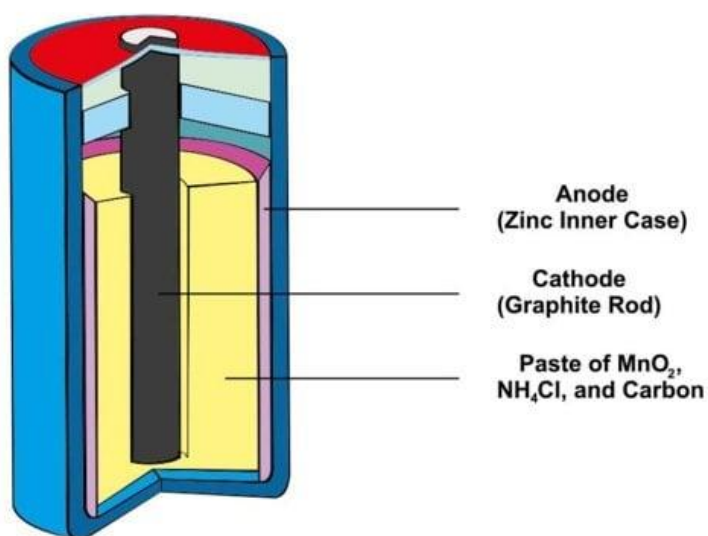
Pri návrhu batériového systému pre vibračný kompaktor je potrebné zvážiť viacero faktorov, ako kapacita batérie, typ batériového článku, životnosť, hmotnosť a potrebný čas na nabitie. Keďže vibračný kompaktor sa pohybuje v prostredí s množstvom negatívnych vplyvov na batériu, je potrebné vybrať takú batériu, ktorá má dostatočujúcu tepelnú stabilitu, odolnosť voči vibráciám, nárazom či tepelným únikom.

Lítium-iónová-batéria (Li-ion)

Lítium-iónové (Li-ion) batérie sú jednými z najpoužívanejších typov batérií v elektromobilite a elektrifikovaných stavebných strojoch. Vynikajú vysokou energetickou hustotou, čo umožňuje dlhší pracovný čas na jedno nabitie. Ich hlavnou výhodou je vysoká účinnosť a schopnosť rýchleho nabíjania. Ich životnosť však môže byť ovplyvnená tepelným stresom a opakovaným hlbokým vybíjaním, čo si vyžaduje sofistikované systémy riadenia batérie. Napriek nevýhodám sú Li-ion batérie možnou voľbou pre výkonné a kompaktné stavebné stroje. [28]

Lítium-železo-fosfátová-batéria (LFP)

Lítium-železo-fosfátové (LFP) batérie predstavujú jednu z najspoľahlivejších možností pre pohon vibračných kompaktorov. Vyznačujú sa vysokou tepelnou stabilitou, dlhou životnosťou a odolnosťou voči hlbokému vybitiu. Na rozdiel od iných lítiových batérií neobsahujú kobalt, čím sú ekologickejšie a menej závislé od vzácnych surovín. Ich hlavnou výhodou je vysoká bezpečnosť a odolnosť voči tepelnému úniku, čo ich robí ideálnymi pre náročné stavebné prostredie. Nevýhodou je nižšia energetická hustota v porovnaní s Li-ion batériami, čo môže ovplyvniť dojazd a výkon stroja. Tento typ batérie používa aj koncept eAPX68/95 od spoločnosti Ammann [29]



Obr. 2-25 Kompozícia LFP batérie [29]

2.4.7 Prostredie

Vibračné kompaktory sú navrhnuté pre prevádzku v náročných stavebných prostrediach, ktoré kladú vysoké požiadavky na ich odolnosť a spoľahlivosť. Typické prostredie, v ktorom tieto stroje pracujú, zahŕňa nespevnené povrchy ako štrk, piesok, zeminu a iné sypké materiály, pričom stroje musia odolať vysokému zaťaženiu a silným vibráciám. Kompaktory sú často vystavené prachu, blatu, vlhkosti a extrémnym teplotám, čo kladie nároky na kvalitu použitých materiálov a konštrukčné prvky, ktoré musia zabezpečiť ochranu pred koróziou, opotrebením a vníkaním nečistôt do citlivých častí stroja. Okrem toho musia byť komponenty navrhnuté tak, aby zvládali dlhodobé vibrácie bez zníženia svojej funkčnosti, čo je riešené napríklad použitím tlmiacich prvkov a kvalitných spojovacích materiálov. Tieto faktory ovplyvňujú nielen efektivitu stroja, ale aj jeho životnosť a potrebu údržby v náročných pracovných podmienkach. [30]



Obr. 2-26 Typické pracovné podmienky [30]

2.4.8 Údržba

Potreba údržby doskového vibračného kompaktora na elektrický pohon je prakticky minimálna. Elektrickému zariadeniu oproti modelom s dieslovým motorom nie je potrebné vymieňať olej či vzduchové filtre. Aj na elektrických zariadeniach je však potreba občasných údržbových úkonov.

Údržba chladenia

V elektrickom vibračnom kompaktore je potreba chladenia batérie aj elektromotorov. Na prívod vzduchu do systému slúži zvyčajne mriežka zasadená do karosérie stroja. Pri používaní sa môže stať, že sa do tejto mriežky dostanú rôzne väčšie či menšie nečistoty, ktoré môžu brániť správne chladeniu celého systému. Je preto potreba občasnej vizuálnej kontroly tejto mriežky a jej následného vyčistenia.

Kontrola skrutiek a matíc

Počas prevádzky stroja sa nepretržitými vibráciami môže stať, že sa jednotlivé spojovacie prvky ako matice či skrutky povolajú. Všetky takéto spojovacie prvky by mali byť pravidelne kontrolované a následne riadne dotiahnuté. Uvoľnené skrutky môžu spôsobiť vážne poškodenia a ohroziť bezpečnosť prevádzky.

Kontrola a údržba vibračného mechanizmu

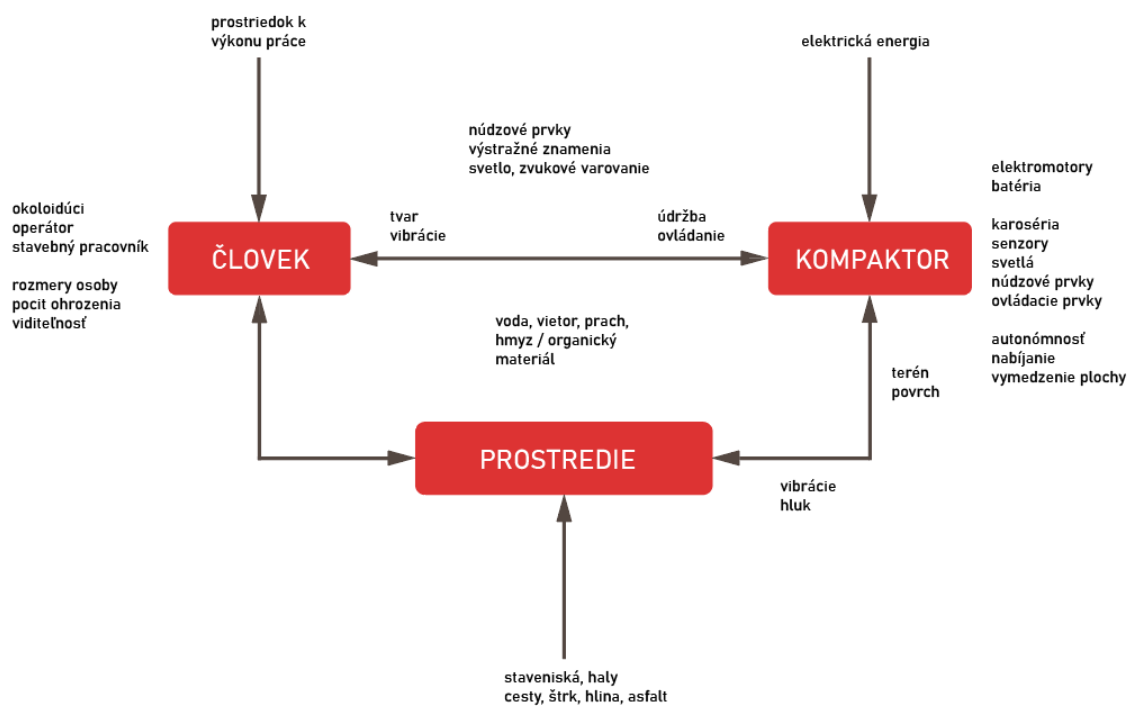
Vibračný mechanizmus, vrátane ložísk by mal byť pravidelne kontrolovaný na opotrebovanie a poškodenie. Skontrolovanie excitátoru na praskliny alebo iné poškodenia je nevyhnutné pre zabezpečenie efektívneho fungovania a vibrácií. [31]



Obr. 2-27 Wacker Neuson DPU 130r exploded view [23]

2.4.9 Ergonómia

Pre zabezpečenie optimálneho ergonomického návrhu jednotlivých prvkov stroja bola vytvorená ergonomická schéma, ktorá znázorňuje vzájomné vzťahy medzi kompaktorom, človekom a pracovným prostredím. Osobitná pozornosť sa venuje veľkosti, tvaru a umiestneniu otváracích dvierok karosérie s cieľom uľahčiť výmenu batérie, ako aj viditeľnosti svetelných prvkov, správne rozmiestneniu núdzového stop tlačidla a manipulačného háku. Toto schéma zabezpečí, aby žiadna dôležitá súčasť stroja nebola prehliadnutá a aby bol jeho dizajn čo najefektívnejší a používateľsky prístupný.



Obr. 2-28 Ergonomická schéma

3 CIELE PRÁCE

Táto kapitola špecifikuje vhodné vlastnosti a parametre navrhovaného produktu na základe zistení predošlej analýzy. Cieľom kapitoly je podrobné usmernenie navrhovacieho procesu.

3.1 Vymedzenie problému

3.1.1 Názov produktu a jeho klasifikácia

Cieľom tejto práce je navrhnuť autonómny vibračný doskový kompaktor, ktorý bude po nastavení potrebných vstupných parametrov schopný samostatne pracovať na stavbe vedľa stavebných pracovníkov a iných zariadení. Autonómny vibračný kompaktor je navrhovaný ako spotrebný výrobok, pričom sa predpokladá nízko-sériová výroba, ktorá umožní flexibilitnú produkciu a prispôsobenie sa špecifickým potrebám trhu.

3.1.2 Špecifikácia zákazníka

Zákazníkom navrhovaného produktu je fiktívna stavebná spoločnosť zameraná na realizáciu rozsiahlych stavebných projektov. Vibračný kompaktor slúži na úpravu pôdy na stavbách a jej prípravu na ďalšie etapy stavebných prác. Hlavnou výhodou tohto zariadenia je jeho schopnosť výrazne znížiť čas a náklady spojené so stavebnými procesmi. Stroj môže po zadaní základných parametrov fungovať samostatne na stavenisku s minimálnym dohľadom, čo umožňuje operátorovi súčasne vykonávať ďalšie úlohy. Tento aspekt je obzvlášť dôležitý v kontexte nedostatku pracovnej sily v stavebníctve, pretože prispieva k efektívnejšiemu využitiu dostupných zdrojov.

3.1.3 Špecifikácia spotrebiteľa

Cieľovým používateľom autonómneho vibračného kompaktoru je stavebný pracovník, prípadne zaškolený operátor s technickými zručnosťami. Zariadenie by malo zabezpečiť pohodlný a bezpečný pracovný proces, s dôrazom na minimalizáciu rizika zdravotného poškodenia. Zároveň musí stroj umožniť efektívne a presné vykonanie pridelených úloh. Okrem toho by mal byť schopný pracovať autonómne, aby pracovník mohol súčasne vykonávať iné úlohy, pričom by bolo potrebné len občasné dohliadanie na správnu funkciu zariadenia. Tento prístup prispeje k zvýšeniu produktivity a optimalizácii pracovných síl na stavbe.

3.1.4 Špecifikácia trhu, ceny a výrobných technológií

Špecifikácia trhu

Produkt je primárne zameraný na trhy Európy a Severnej Ameriky, ktoré patria medzi najrozvinutejšie regióny sveta a zároveň čelia výraznému nedostatku stavebných pracovníkov. Tieto oblasti sa vyznačujú aj najprísnejšími požiadavkami na bezpečnosť pri práci a prísny normami pracovných podmienok, čo robí z moderných a automatizovaných riešení, akým je navrhovaný vibračný kompaktor, mimoriadne atraktívnu alternatívu na zabezpečenie efektívnosti a splnenie regulačných štandardov.

Cena

Stanovenie ceny autonómneho vibračného kompaktora je náročné, pretože závisí od rozsahu ponúkaných funkcií. Avšak, na základe porovnania s konkurenčnými diaľkovo ovládanými kompaktormi a pripočítania nákladov na potrebné komponenty sa predpokladá, že cena takéhoto zariadenia by sa mohla pohybovať v rozmedzí 600 000 až 800 000 Kč. Napriek vyššej počiatkovej investícii v porovnaní s inými modelmi na trhu by sa návratnosť investície očakávala vďaka zníženiu nákladov na pracovníkov, čo by v dlhodobom horizonte prinieslo úspory.

Výrobné technológie

Rámová konštrukcia stroja, ktorá nesie hlavnú záťaž, môže byť vyrobená z ocelových profilov pomocou zvarovania, čo poskytuje vysokú pevnosť a odolnosť voči vibráciám. Alternatívne je možné zvážiť použitie hliníkových zliatin pre zníženie celkovej hmotnosti stroja, pričom v takomto prípade by sa využívalo zvarovanie hliníka alebo technológie lepenia.

Karoséria stroja, ktorá chráni vnútorné mechanizmy a elektronické komponenty, môže byť vyrobená z ohýbaných plechových plátov, odolných plastov alebo kompozitných materiálov. Posledné dva materiály sú často tvarované vstrekom alebo lisovaním, čo umožňuje vytvoriť tvarovo zložité a ľahké komponenty, ktoré zároveň odolávajú mechanickému namáhaniu. Pre zvýšenie odolnosti a zníženie hmotnosti je možné použiť laminátové alebo plastové kryty.

Vibračná plocha, ktorá zabezpečuje hlavný pracovný proces stroja, musí byť vyrobená z materiálu, ktorý odoláva extrémnym mechanickým zaťaženiám a opotrebeniu. Často sa používa oceľ s vysokou pevnosťou, ktorá je buď kovaná alebo tvarovaná lisovaním, čím sa dosiahne jej potrebná pevnosť a húževnatosť. Okrem toho je vibračná plocha zvyčajne povrchovo upravená (napríklad kalením alebo tvrdým pochrómovaním), aby sa zvýšila jej odolnosť voči opotrebovaniu počas prevádzky.

3.1.5 Vymedzenie atribútov a cieľov produktu

Na základe prieskumu aktuálne dostupných produktov na trhu a súčasných technologických možností a trendov v modernej spoločnosti boli identifikované viaceré nedostatky a oblasti s potenciálom na zlepšenie vo vývoji vibračných kompaktorov. Zohľadniť je potrebné aj využitie progresívnych technológií, ako je prechod od fosílnych palív k udržateľnejším alternatívam, optimalizácia údržbových úkonov, spoľahlivosť senzorov v rôznych environmentálnych podmienkach, autonómne technológie na zabezpečenie samostatného chodu zariadenia a implementácia bezpečnostných prvkov.

| Charakteristika | Ciele | Obmedzenia | Funkcie | Prostriedky |
|--|-------|------------|---------|-------------|
| Analýza levelu kompakcie pôdy | | | ✓ | |
| Bezpečnostné svetlá a signály | | | | ✓ |
| Nízka hlučnosť počas prevádzky | ✓ | ✓ | | |
| Dial'kové monitorovanie a ovládanie | | | ✓ | |
| Odolnosť voči nepriaznivým podmienkam | | ✓ | | |
| Detekcia prekážok | | | ✓ | |
| Odolnosť voči vibráciám | | ✓ | | |
| Zabezpečenie proti znečisteniu senzorov | | ✓ | | |
| Jednoduchá údržba | | ✓ | | |
| Bezpečné závesné oko | | ✓ | ✓ | |
| Výmena batérie a nabíjanie | ✓ | | ✓ | |
| Senzory GPS, LiDAR a kamery | | | | ✓ |
| Kontakt s prostredím | | ✓ | | |
| Jednoduchý prístup k batérii | ✓ | | | |
| Chladiace prieduchy | | ✓ | | ✓ |
| Karoséria odolná voči vibráciám | | ✓ | | |
| Karoséria odolná voči nárazom / kolíziám | | ✓ | | |
| Autorizácia operátora | | | ✓ | |

Tab. 3-1 Vymedzenie atribútov a cieľov produktu

4 KONCEPČNÝ NÁVRH

Po stanovení cieľov práce a objasnení obmedzení v predchádzajúcich kapitolách boli v tejto časti vypracované tri varianty návrhov, ktoré ponúkajú rôzne estetické aj funkčné prístupy. Tieto varianty pomôžu smerovať finálny design k optimálnemu riešeniu.

4.1 Analýza cieľov a špecifikácia obmedzení

1. Design

- Elektrický pohon
- Vymeniteľná batéria
- Tvarovo očividný smer pohybu
- Manipulačné oko
- Chladiace prieduchy

2. Funkčnosť

- Jednoduchý prístup k batérii
- Analýza levelu kompaktie pôdy
- Autorizácia operátora

3. Ergonómia

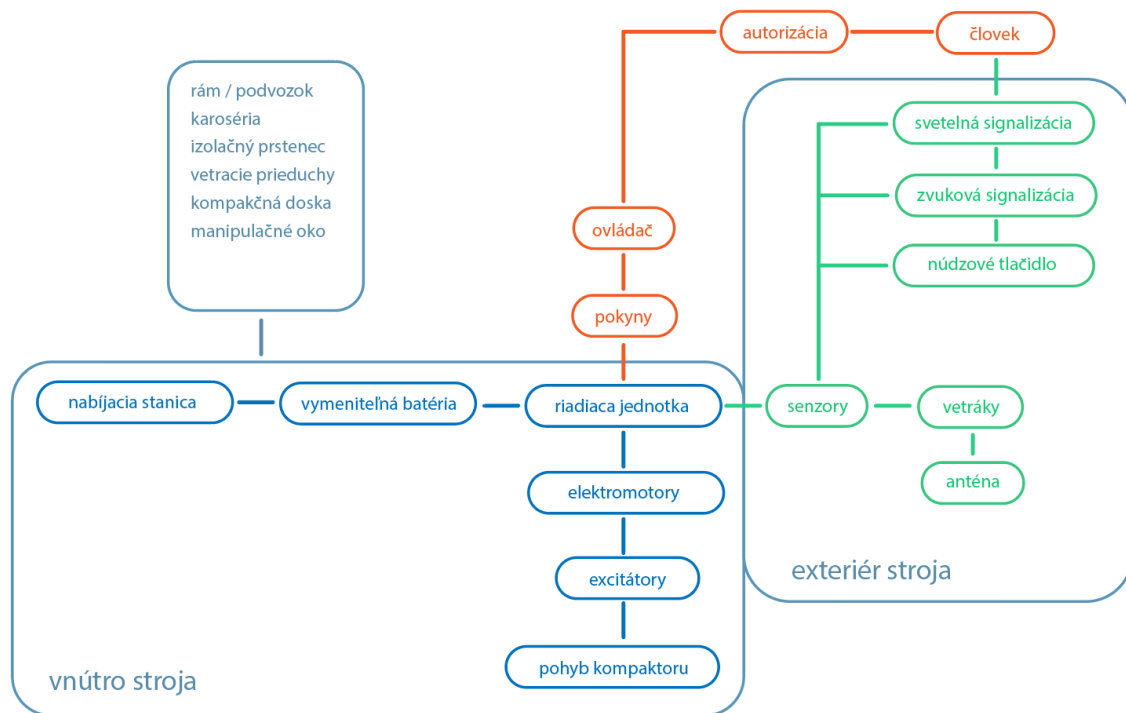
- Jednoducho manipulovateľná batéria
- Otvárateľná karoséria
- Pohodlný ovládač

4. Bezpečnosť

- Svetelná a zvuková signalizácia
- Núdzové tlačidlo
- Detekcia prekážok

4.2 Technická a funkčná analýza

Pre zabezpečenie prehľadnosti bol vytvorený glassbox diagram, ktorý v procese vývoja produktov slúži na znázornenie vnútorných komponentov a funkcií systému. Diagram poskytuje jasný pohľad na jednotlivé časti systému a ich vzájomné interakcie. Jeho využitie je obzvlášť prínosné v počiatkových fázach vývoja a pri optimalizácii návrhu, pretože umožňuje identifikovať slabé miesta a efektívnejšie integrovať rôzne funkcie.



Obr. 4-1 Glassbox diagram

Návrh kompaktora musí klásť dôraz predovšetkým na bezpečnosť a jasnú viditeľnosť bezpečnostných prvkov. Dizajn tiež musí umožňovať optimálne rozmiestnenie senzorov, aby bola zabezpečená ich neobmedzená viditeľnosť. Z hľadiska tvaru by mal byť kompaktor navrhnutý tak, aby bol jasne rozpoznateľný jeho primárny smer pohybu. Dizajn karosérie a tvarové možnosti sú silno ovplyvnené použitím plechových dielov, ktoré dosiahnu vyššiu odolnosť a trvácnosť

4.3 Návrh alternatívnych riešení

V rámci tejto podkapitoly sú predstavené tri variantné riešenia vytvorené pomocou 3D modelovacieho softvéru. Tieto návrhy zohľadňujú fyzikálne vlastnosti kovových materiálov a súčasné technologické možnosti tvarovania plechov. Pri všetkých návrhoch je evidentná snaha o tvarové smerovanie pohybu. Ich pôdorys má prevažne štvorcový tvar s mierne predĺženými proporciami.

4.3.1 Variant 1

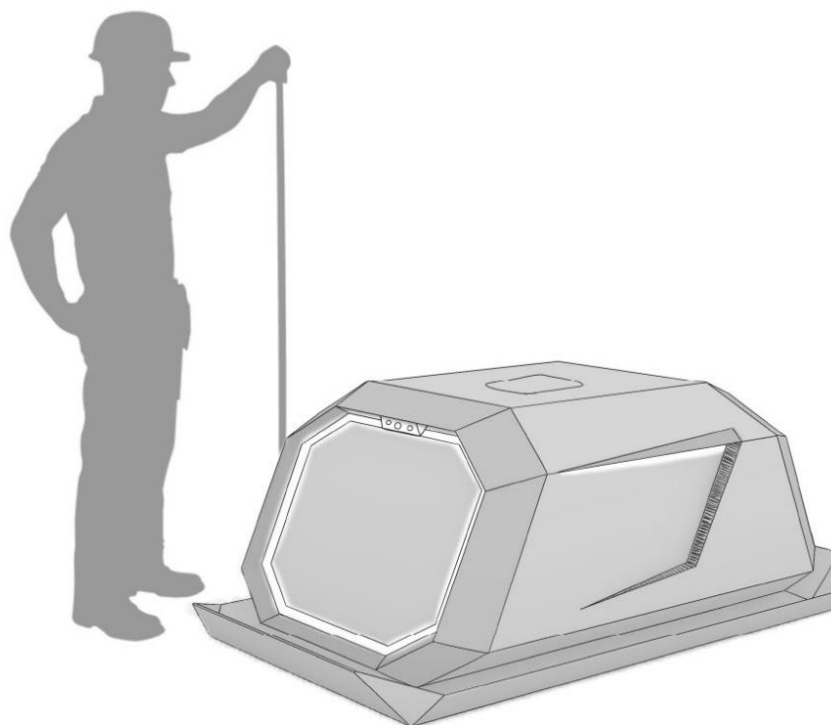
Prvý návrh je charakteristický tvarovo výrazným stuhovým rámom, ktorý obopína telo stroja. Tieto dve časti sú navzájom oddelené jemným izolačným prstencom. Dizajn návrhu je založený na oblých a plynulých tvaroch, ktoré, hoci môžu zvýšiť výrobné náklady, prinášajú výhody z hľadiska bezpečnosti a zníženia rizika poškodenia. Na vrchnej časti stroja je navrhnuté manipulačné oko ukryté pod krytkou. Svetelné prvky sú umiestnené na prednej a zadnej strane stroja, pričom kopírujú časť rámu. Priamo pod svetlami sa nachádzajú senzory. Vetracie prieduchy boli v tomto variante umiestnené na bočnú stranu v prvej tretine od vrchu.



Obr. 4-2 Variant 1

4.3.2 Variant 2

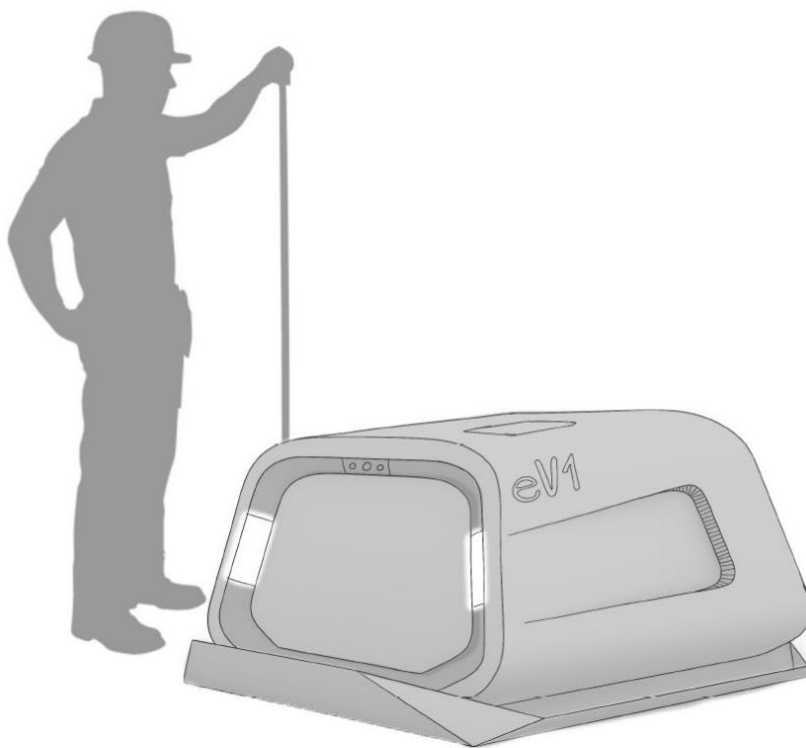
Druhý návrh je charakteristický hranatým dizajnom s ostrými hranami, pričom telo má tvar nepravidelného osemuholníka. Predná a zadná časť sú tvarované so skoseným vrchom smerujúcim k stredu telesa. Predné a zadné kryty sú mierne zapustené, čo umožňuje po ich obvode umiestniť vetracie otvory, osvetlenie alebo výstražné majáky. Na bočných stranách stroja sa nachádzajú zalomené vetracie prieduchy, nad ktorými je umiestnená okrasná lišta. Tieto prieduchy na bočných stranách môžu poskytnúť výhodu v podobe zníženého nasávania prachu. Ostré hrany a rovné plochy zároveň znižujú výrobné náklady na karosériu, čím návrh predstavuje ekonomicky výhodné riešenie. Sensory sú umiestnené na prednom a zadnom kryte v strede, pod vrchnou lištou.



Obr. 4-3 Variant 2

4.3.3 Variant 3

Tretí návrh má tvar lichobežníka so zaoblenými hranami, pričom predná strana sa smerom k zadnej časti mierne rozširuje. Podobne ako v druhom návrhu, predná a zadná časť majú vrchné hrany zvažujúce sa smerom do stredu telesa. Predné a zadné kryty sú mierne zapustené, čo umožňuje po ich obvode umiestniť ventilačné otvory, osvetlenie alebo výstražné majáky. Na bočných stranách sú integrované zapustené prieduchy, ktorých tvar harmonicky dopĺňa dizajn karosérie. Pevný rám a izolačný prstenec v tomto návrhu nie sú viditeľné, čo prispieva k elegantnému vzhľadu stroja, avšak môže zvýšiť výrobné náklady a komplexnosť konštrukcie



Obr. 4-4 Variant 3

4.4 Analýza alternatívnych riešení a výber najlepšieho

Na docielenie výberu správneho riešenia bola zostavená tabuľka porovnávajúca jednotlivé aspekty týchto návrhov na základe stanovených kritérií. Tieto kritériá sú pri každom riešení ohodnotené bodmi v intervale 1 až 10. Finálnym riešením, ktoré sa bude ďalej zdokonaľovať je napokon riešenie, ktoré v súčte bodov v týchto kritériách dosiahne najvyššiu hodnotu.

| Kritérium | Variant 1 | Variant 2 | Variant 3 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Tvarová smerovosť | 8 | 7 | 7 |
| Viditeľnosť bezpečnostných prvkov a senzorov | 9 | 7 | 8 |
| Tvarová bezpečnosť | 10 | 4 | 8 |
| Náročnosť výroby | 6 | 9 | 8 |
| Tvarová asociácia elektrického zariadenia | 10 | 8 | 7 |
| Stabilita zariadenia | 10 | 8 | 8 |
| Minimalizácia dielov karosérie | 8 | 6 | 6 |
| Pohodlnosť pri manipulácii / servise | 6 | 8 | 8 |
| Suma | 67 | 57 | 60 |

Tab. 4-1 Analýza alternatívnych riešení

Porovnanie získaných hodnotení za jednotlivé kategórie naznačuje, že variant 1 je najvhodnejší z prezentovaných návrhov. Napriek odhadovaným náročnejším procesom na konštrukciu a výrobu vyniká atraktívnym vzhľadom v tvarosloví elektrického stroja, má relatívne dobrú viditeľnosť bezpečnostných prvkov, je tvarovo vhodne koncipovaný a veľmi stabilný. Napriec celým objemom minimalizuje rôzne výčnelky a nesúrodosť karosérie, poskytuje množstvo možností na umiestnenie potrebných prvkov.

5 PREDBEŽNÝ NÁVRH

V tejto kapitole je podrobnejšie špecifikovaný vybraný variant. Kapitola ďalej posudzuje kľúčové parametre a aspekty, ktoré majú zásadný vplyv na finálny design a funkčnosť zariadenia. Tento návrh slúži ako základ pre ďalší vývoj a optimalizáciu.

5.1 Určenie tvaru

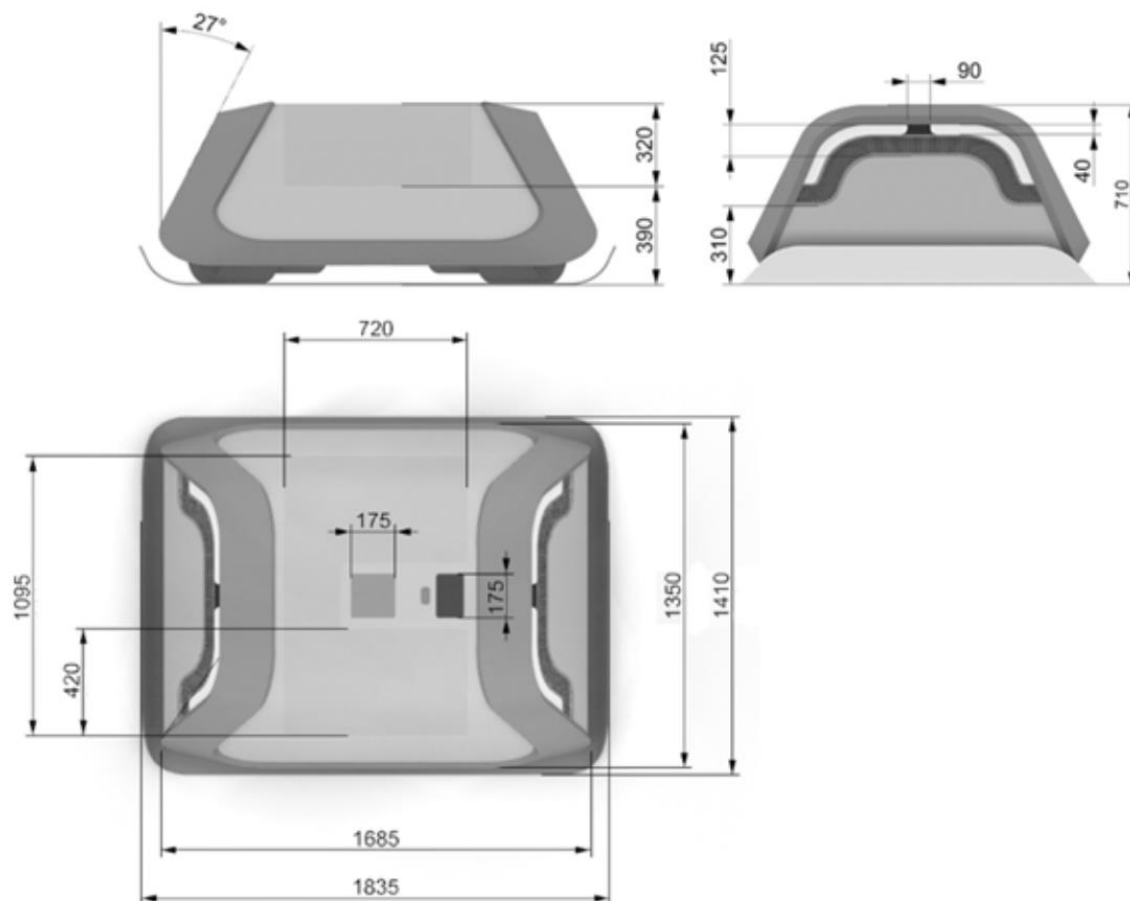
Ako predbežný návrh bol zvolený variant 1, nakoľko z analýzy alternatívnych riešení vyplynul ako najvhodnejší. Z tvarového hľadiska je stabilný, kompaktný a neobsahuje žiadne vystupujúce súčasti, ktoré by mohli kolidovať s okolím. Minimalizuje ostré hrany a odolný rám obopína celú karosériu, čím, za cenu náročnejšej výroby, zabezpečuje odolnosť. Tento variant bol ďalej v rámci predbežného návrhu upravený, respektíve vetracie prieduchy boli presunuté na prednú a zadnú masku, priamo pod svetelný pruh, pričom kopírujú ich tvar. Svetelný pruh bol ďalej rozdelený na dve časti, medzi ktoré bol umiestnený segment obsahujúci senzory.



Obr. 5-1 Predbežný návrh

5.2 Určenie rozmerov

Rozmery zariadenia sú založené na objeme a rozložení vnútorných komponentov, predovšetkým na potrebnom objeme batérií a počtu elektromotorov. Výškové rozmery ďalej ovplyvňuje výška stavebných konštrukcií. Plošné rozmery boli určené ako kompromis efektivity a manévrovateľnosti v zákopoch či iným stiesnených priestoroch.



Obr. 5-2 Určenie predbežných rozmerov

5.3 Určenie materiálov

Súčasti stroja boli rozdelené do niekoľkých kategórií podľa požadovaných vlastností.

Vibračná doska

Samotná vibračná doska bude vyrobená z oceli obzvlášť odolnej voči mechanickému poškodeniu, aby bola zabezpečená výdrž pri náročných pracovných podmienkach.

Rám

Zariadenie bude zostavené z pevného oceľového rámu. Tento rám obopína celé telo stroja a má za úlohu zabezpečiť pevnú oporu a ukotvenie komponentov. Rám musí byť odolný voči vibráciám a mechanickému poškodeniu.

Karoséria

Karoséria stroja bude vyrobená z oceľového plechu vyrezaného a ohnutého do požadovaných tvarov. Na základe fyzikálnych možností ohýbania plechu bol navrhnutý práve tento konkrétny tvar.

Menšie diely karosérie

Naprieč karosériou stroja sa nachádza niekoľko prvkov a otvorov, ktoré budú vyrobené z pružnej umelej hmoty pre docielenie správneho tesnenia a odolnosti voči vibráciám. Pri takto malých dieloch nie je nutné riešiť odolnosť voči mechanickému poškodeniu, nakoľko sa nepredpokladá, že vzhľadom k ich polohe by došlo k nežiaducej kolízii.

Vnútorne krytovanie

Vnútorne krytovanie, ktoré zahŕňa bezpečnostný obal batérie a vnútorné priestory prístupné pracovníkovi pre manipuláciu s batériami, budú vyrobené prevažne z plastu, niektoré prvky budú hliníkové.

5.4 Odhad výrobných nákladov a objemu výroby

Napriek tomu, že vibračné kompaktoary sú obecnne veľmi bežný stroj nachádzajúci sa pri väčšine stavebných projektov, takto veľký a technologicky progresívny stroj sa z ekonomického hľadiska vyplatí prevažne veľkým, úspešným stavebným spoločnostiam pracujúcim na väčších projektoch. Na základe tejto skutočnosti môžeme predpokladať, že na pokrytie dopytu by stačilo ročne vyrobiť približne 400 kusov.

| Komponent | Odhadovaná cena |
|----------------------------------|-----------------------|
| Rám | 80 000,00 CZK |
| Karoséria | 50 000,00 CZK |
| Vibračná doska | 50 000,00 CZK |
| Batérie | 200 000,00 CZK |
| Elektromotory | 240 000,00 CZK |
| Menšie vnútorné komponenty | 90 000,00 CZK |
| Krytovanie vnútorných priestorov | 20 000,00 CZK |
| Elektronické komponenty | 40 000,00 CZK |
| Suma | 770 000,00 CZK |

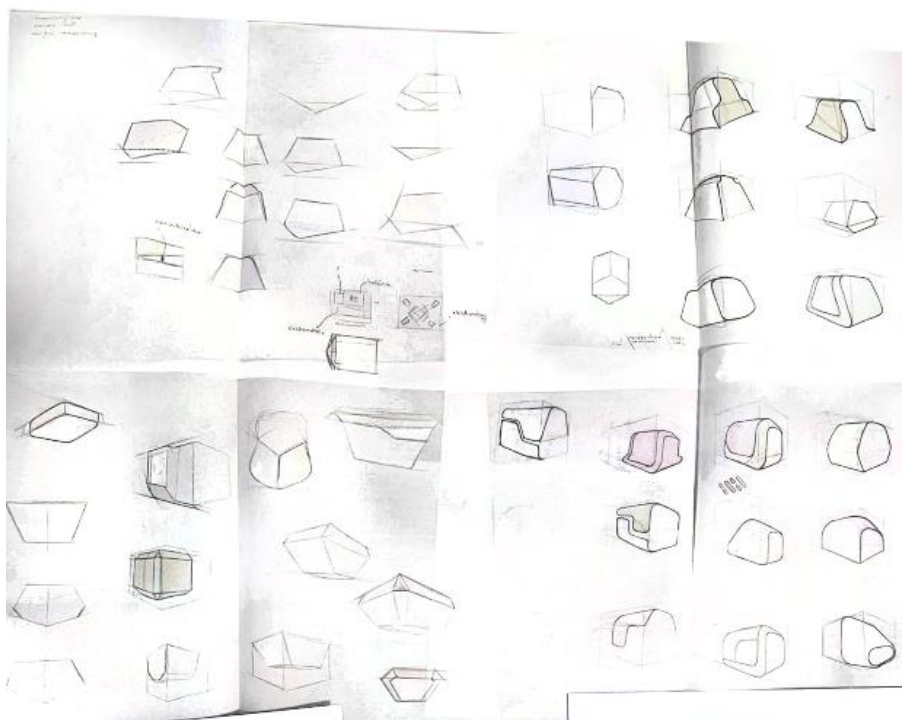
Tab. 5-1 Odhad ceny

6 DETAILNÉ RIEŠENIE

6.1 Tvarové riešenie

6.1.1 Proces navrhovania

Doposiaľ neexistuje na trhu plne autonómny vibračný doskový kompaktor, pričom jediný známy prototyp takéhoto zariadenia bol predstavený v roku 2016. Pri návrhu tohto zariadenia sa teda vychádzalo z konštrukčných a funkčných prvkov súčasných vibračných kompaktorov, pričom osobitná pozornosť bola venovaná modelom s diaľkovým ovládaním, keďže predstavujú prechodný krok k plne autonómnym riešeniam. Významnou inšpiráciou pre návrh bol model Ammann eAPX 68/95, ktorý je v súčasnosti jediným vibračným kompaktorom poháňaným elektromotormi a batériou namiesto tradičného spaľovacieho motora a taktiež je ovládaný diaľkovým ovládačom. Okrem toho boli pri vývoji zohľadnené aj najnovšie prototypy autonómnych valcových kompaktorov, ktoré predstavujú aktuálny trend v oblasti stavebnej mechanizácie. [11]



Obr. 6-1 Proces navrhovania

6.1.2 Hlavná vizualizácia

Finálny návrh autonómneho vibračného doskového kompaktora sa vyznačuje robustným a plynule prechádzajúcim rámom, ktorý obopína celé telo stroja a zabezpečuje jeho kompaktnosť a ochranu. Tento dizajnový prvok sa premieta aj do tvarovania svetelných prvkov a vetracích otvorov, čím vytvára vizuálne súdržný a funkčný celok. Bočné dvere karosérie nadväzujú na estetiku rovných línií v kombinácii s výrazne zaoblenými rohmi, pričom ich tvar je zdôraznený prelismi, ktoré zvyšujú pevnosť konštrukcie. Na vrchnej časti stroja je umiestnené manipulačné oko, ktorého tvar pripomína rovnoramenný trojuholník so zaoblenými hranami, čím sa docielí optimálna ergonómia pri manipulácii. Sensory umiestnené na bočných stranách kompaktora sú spolu s vybraním pre prístup k otváraciemu mechanizmu karosérie zakomponované do lichobežníkového výrezu v karosérii, čo nielenže narúša jednotnú líniu povrchu, ale zároveň zvýrazňuje funkčnú dôležitosť. Celkový dizajn stroja tak reflektuje moderné trendy v oblasti autonómnej stavebnej techniky.



Obr. 6-2 Vizualizácia v prostredí

6.1.3 Jednotlivé pohľady



Obr. 6-3 Predný pohľad



Obr. 6-4 Zadný pohľad



Obr. 6-5 Bočný pohľad



Obr. 6-6 Perspektívny pohľad

6.1.4 Batériový priestor

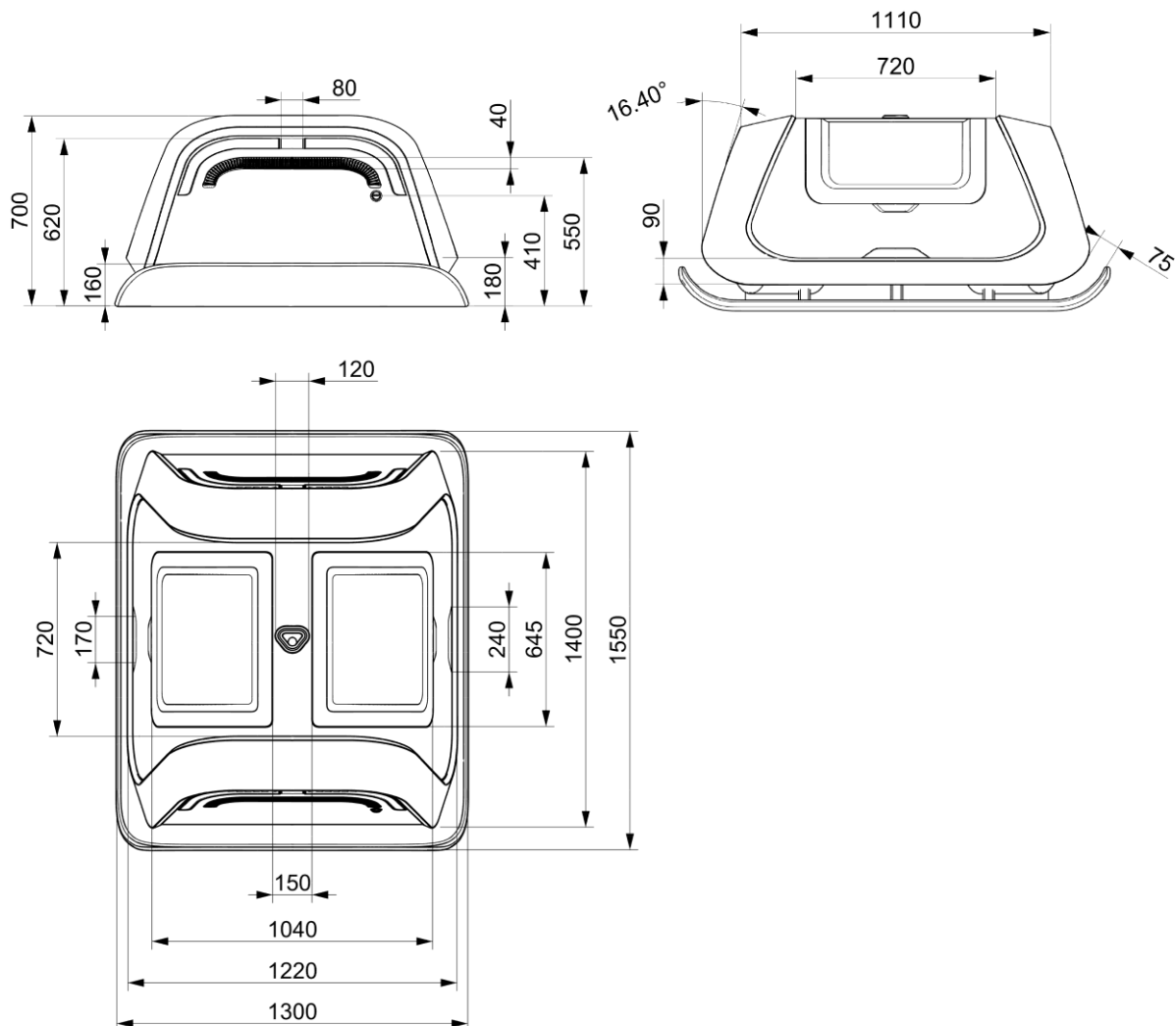
Batériový priestor bol navrhnutý s dôrazom na ergonómiu, bezpečnosť a jednoduchú manipuláciu. Batérie sú oddelené od vnútorných komponentov stroja pomocou tesne priliehajúcich krytov, čím sa zabezpečuje ich ochrana pred vonkajšími vplyvmi a minimalizuje riziko poškodenia. Samotné batérie sú vybavené ergonomickou rukoväťou, ktorá je tvarovo prispôbená ich telu a vertikálne orientovaná, čo umožňuje pohodlné a intuitívne uchopenie. Nad rukoväťou je integrované odist'ovacie tlačidlo, ktoré je strategicky umiestnené tak, aby ho bolo možné stlačiť palcom prirodzeným pohybom pri uchopení batérie. Tento dizajn zabezpečuje rýchlu a efektívnu výmenu batérií bez zbytočného zaťaženia používateľa, čím prispieva k celkovej efektívnosti prevádzky autonómneho kompaktora.



Obr. 6-7 Batériový priestor

6.2 Konštrukčné riešenie

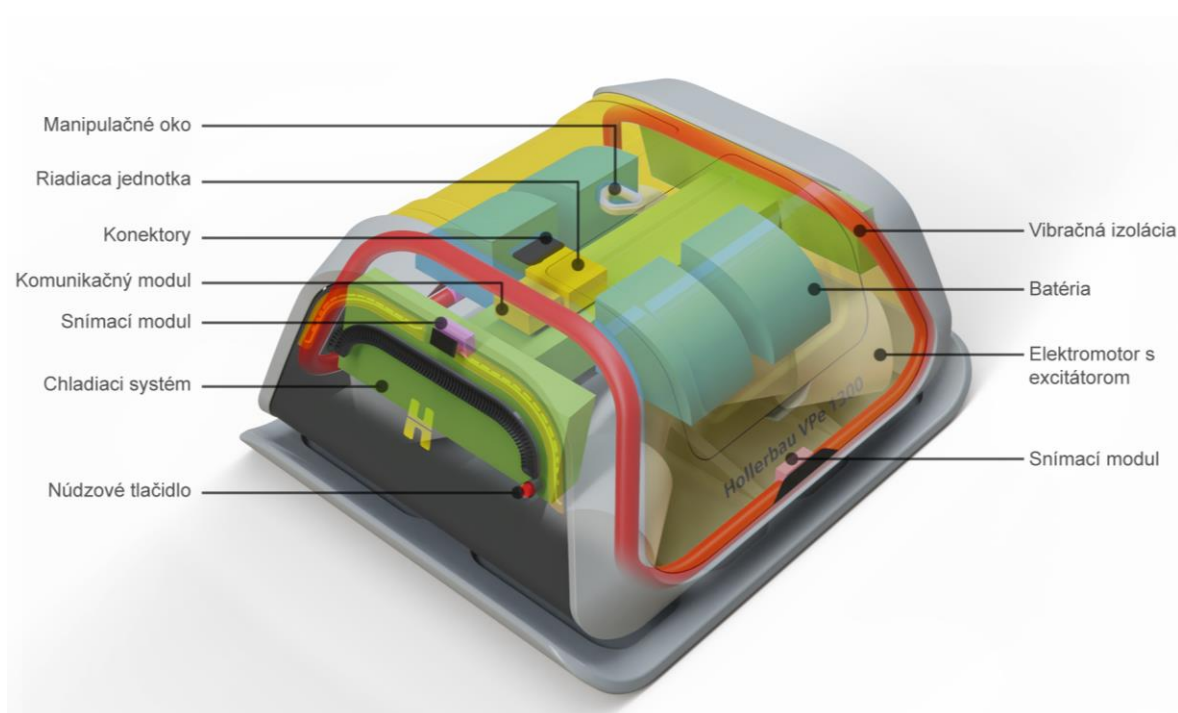
6.2.1 Rozmery



Obr. 6-8 Finálne rozmery

6.2.2 Vnútorne komponenty a ich usporiadanie

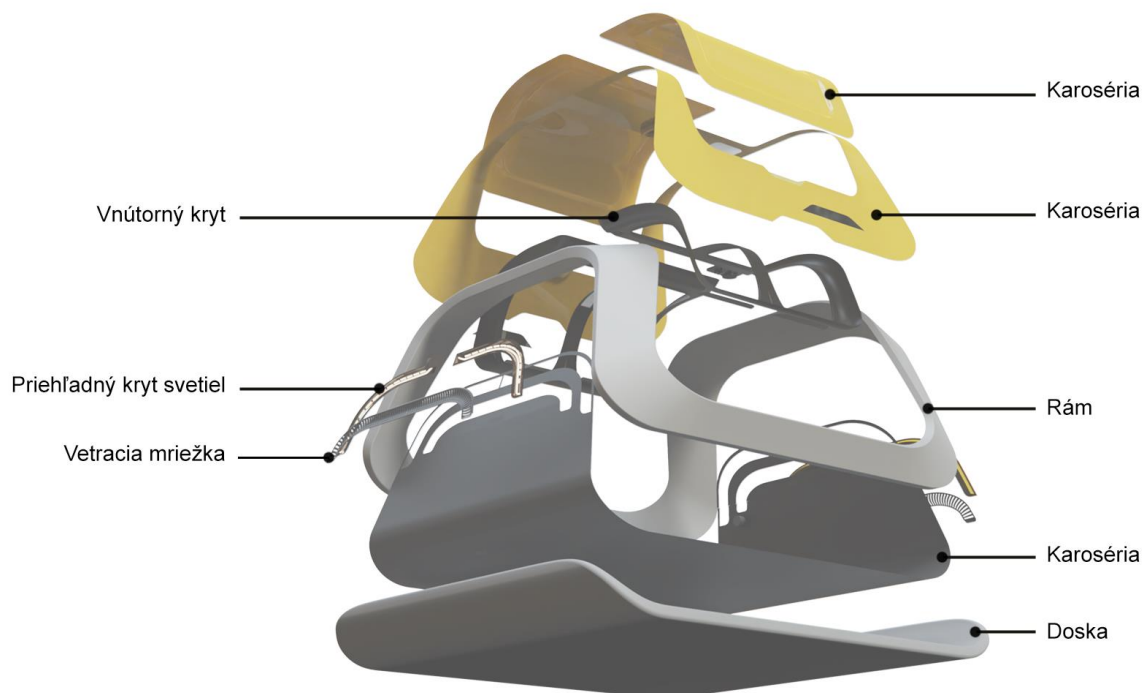
Navrhované riešenie je vybavené štyrmi elektromotormi, ktoré sú inštalované v spodnej časti konštrukcie stroja do usporiadania v tvare písmena X. Toto rozmiestnenie, v kombinácii so štyrmi excitátormi, umožňuje plynulý pohyb zariadenia a flexibilnú zmenu smeru. Nad elektromotormi sa nachádzajú batérové priestory, v ktorých sú umiestnené štyri LFP batérie – dve na každej strane – symetricky voči ťažisku. Takto zvolená konfigurácia prispieva k vyššej stabilite celého systému. Na elimináciu rizika prehrievania batérií slúži chladiaci systém, ktorý je situovaný za predným a zadným panelom karosérie, priamo za chladiacimi prieduchmi. Pre autonómne fungovanie je zariadenie vybavené štyrmi senzorovými modulmi integrujúcimi technológie LiDAR, kamery a radar. Dva z týchto modulov sú umiestnené medzi svetlami na prednej a zadnej časti karosérie, zvyšné dva sú inštalované v spodnej časti bočných panelov, pod výrezom pre otvárací mechanizmus kapoty. Riadenie celého systému zabezpečuje centrálna riadiaca jednotka.



Obr. 6-9 Prehľad vnútorných komponentov

6.2.3 Materiály a technológie výroby

Zariadenie je konštruované z viacerých komponentov, pričom každý z nich je vyrobený z materiálu zvoleného s ohľadom na jeho funkčné, konštrukčné a prevádzkové požiadavky. Na obrázku 6-10 je znázornený rozložený pohľad na celý stroj, ktorý poskytuje vizuálny prehľad hlavných častí a ich priestorového usporiadania.



Obr. 6-10 Vizualizácia komponentov podľa materiálu

K jednotlivým komponentom je v tabuľke 6-1 priradený konkrétny materiál, z ktorého sú vyrobené, ako aj technológia výroby, ktorá bola použitá na ich zhotovenie.

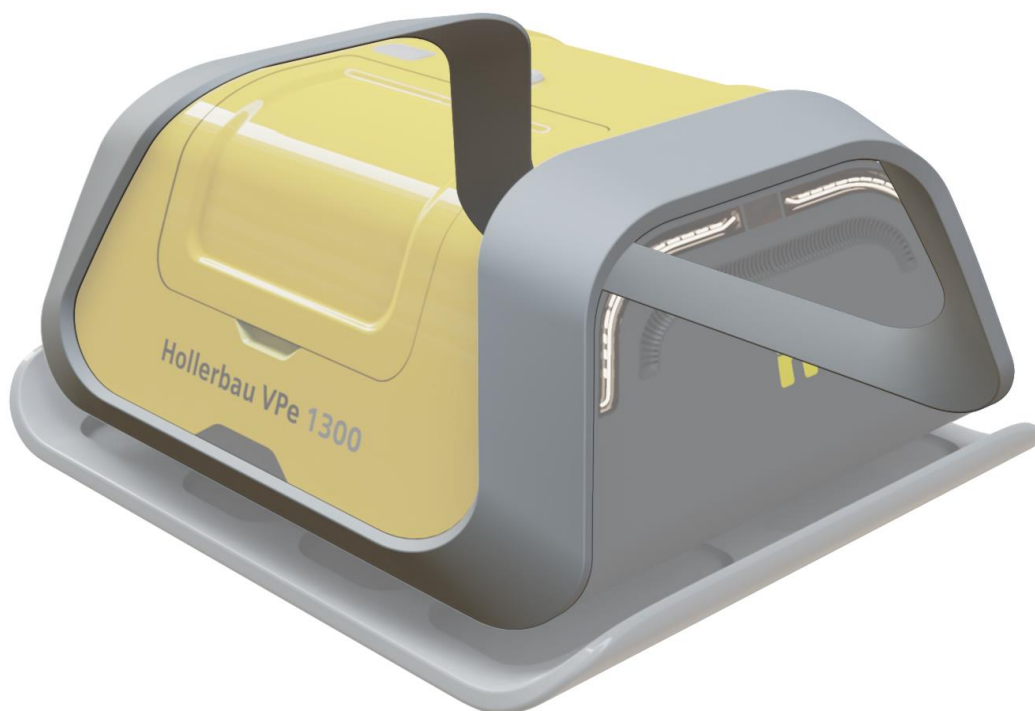
| Prvok stroja | Materiál | Technológia výroby |
|-------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| Rám | Oceľ | Presné odlievanie, zváranie |
| Karoséria | Oceľ | Laserové rezanie, ohýbanie, lisovanie |
| Vnútorňý kryt | PVC termoplast | Termoformovanie |
| Obal batérie | PVC termoplast | Termoformovanie, orezávanie |
| Doska | Oceľ | Presné odlievanie, opracovanie |
| Priehľadný kryt svetiel | Polykarbonát | Termoformovanie |
| Vetracia mriežka | Hliník | Odlievanie |
| Manipulačné oko | Oceľ | Odlievanie |

Tab. 6-1 Prehľad materiálov

6.3 Funkčné riešenie

6.3.1 Rám

Rám vibračného kompaktora plní v rámci konštrukcie a prevádzky viaceré kľúčových funkcií. Primárne slúži ako nosná kostra, ku ktorej sú upevnené všetky ostatné komponenty, čím zabezpečuje celkovú tuhosť, stabilitu a štrukturálnu integritu stroja. Na rozdiel od karosérie, rám presahuje ďalej do priestoru, čím plní aj ochrannú funkciu pri nárazoch alebo kolíziách s prekážkami. Jeho koncepcia zahŕňa predĺženie po celej dĺžke prednej a zadnej časti, čím vytvára uzavretý rámový okruh. Tento tvar umožňuje pevné spojenie najvyšších bodov rámu pod karosériou dodatočnou výstužou, ktorá zároveň slúži ako miesto pre inštaláciu zdvíhacieho a manipulačného oka. Vďaka tomu, že rám presahuje karosériu aj vo vertikálnom smere, zabezpečuje účinnú ochranu stroja aj v stiesnených podmienkach alebo v situáciách, keď hrozí pád objektov z výšky. Takáto robustná konštrukcia rámu výrazne prispieva k odolnosti a bezpečnosti zariadenia pri jeho nasadení v náročnom teréne.



Obr. 6-11 Rám stroja

6.3.2 Vetracie otvory

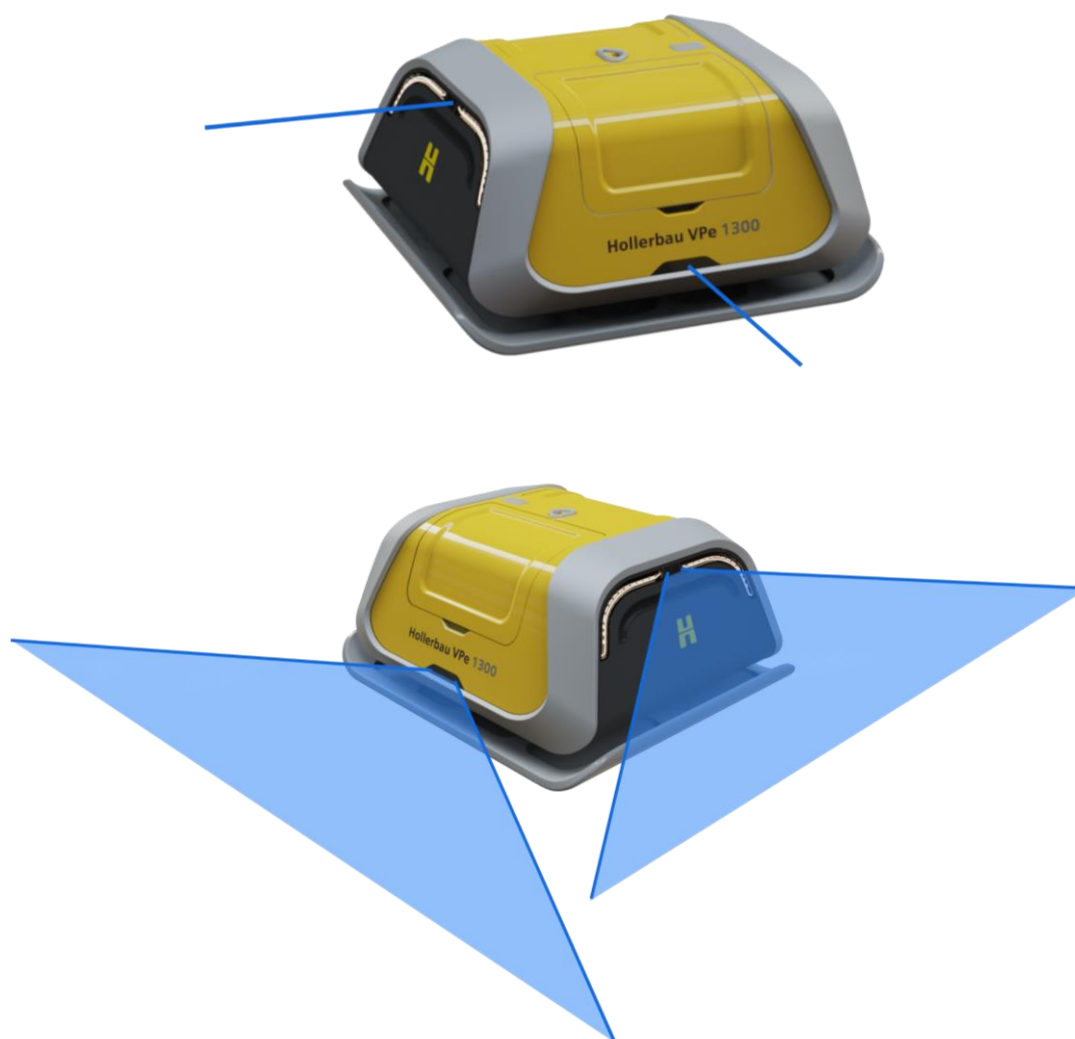
Počas prevádzky batérie zariadenia generujú teplo, a preto je pre zabezpečenie ich optimálnej výdrže a životnosti nevyhnutné ich chladenie. Tento proces je realizovaný prostredníctvom chladiaceho systému. Na zabezpečenie adekvátneho prívodu vzduchu do chladiaceho systému sú v stroji inštalované vetracie mriežky, ktoré sa nachádzajú pod svetlami na čelnej a zadnej strane zariadenia. Tieto hliníkové vetracie mriežky zabraňujú vstupu hrubých nečistôt do chladiaceho systému. Za mriežkami sa nachádza jemnejší filter, ktorý je určený na zachytávanie menších nečistôt a prachu. Tento dvojstupňový filtračný systém výrazne zvyšuje spoľahlivosť a životnosť chladiaceho mechanizmu.



Obr. 6-12 Prieduch stroja

6.3.3 Senzory

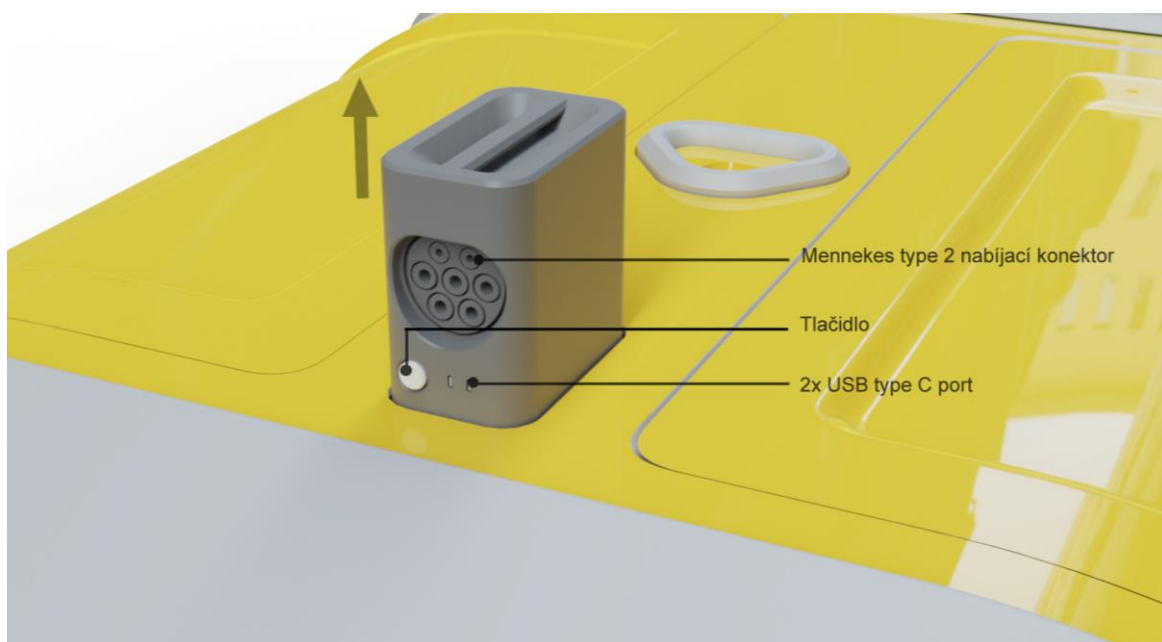
Na kompaktoze sú strategicky rozmiestnené štyri senzorické moduly, pričom každý z nich integruje kameru, LiDAR a radar. Dva moduly sú umiestnené na horných čelných plochách medzi svetelnými prvkami, čím sa zabezpečuje dostatočný rozhľad pre detekciu prekážok v hornej oblasti stroja a zároveň sa znižuje riziko poškodenia jeho vrchnej časti. Ďalšie dva moduly sa nachádzajú na spodných bočných stranách, aby spoľahlivo monitorovali nízko položené prekážky v okolí stroja. Priehľadné kryty senzorických jednotiek sú na krajných častiach rozšírené, čo umožňuje lepšie pokrytie širokej bočnej oblasti kompaktoza a optimalizuje zorné pole senzorov. Takto navrhnuté rozmiestnenie senzorov zabezpečuje komplexné povedomie stroja o jeho bezprostrednom okolí, čím výrazne prispieva k zvýšeniu bezpečnosti a efektivity autonómnej prevádzky.



Obr. 6-13 Sensorové moduly stroja

6.3.4 Konektory

Zariadenie je vybavené viacerými možnosťami pripojenia, ktoré zvyšujú jeho flexibilitu a použiteľnosť v rôznych prevádzkových situáciách. Okrem bezdrôtového spojenia s riadiacou jednotkou je k dispozícii aj možnosť káblového prístupu prostredníctvom jedného z dvoch *USB type C* konektorov, ktoré sú umiestnené na vrchnej časti stroja vo vysúvacom paneli. Tento spôsob pripojenia je vhodný najmä pri párovaní tabletu s kompaktorom, pri servisnej diagnostike, nabíjaní tabletu alebo aktualizácii softvéru zariadenia. V bezprostrednej blízkosti USB konektora sa nachádza aj štandardizovaný európsky nabíjací konektor typu *Mennekes (Type 2)*, ktorý umožňuje priame nabíjanie batérií priamo v stroji bez nutnosti ich vyberania, čo výrazne zjednodušuje a urýchľuje prípravu zariadenia na ďalšie nasadenie. Umiestnenie konektorov v takomto vysúvacom paneli zabezpečuje dostatočnú ochranu pred vstupom vody či nečistôt do konektorov.



Obr. 6-14 Konektory stroja

6.3.5 Transport

Stavebné prostredie často vytvára špecifické nároky na mobilitu strojov, pričom povrch terénu nebýva vždy dostatočne stabilný alebo upravený tak, aby umožnil autonómny presun kompakтора. V mnohých prípadoch je stroj nasadzovaný v stiesnených alebo vyhlbených pracovných priestoroch, kde chýba štandardná prístupová komunikácia. V dôsledku toho je premiestňovanie zariadenia zabezpečované pomocou zdvíhacích mechanizmov, ako sú žeriavy, stavebné stroje s ramenami alebo iné manipulačné zariadenia. Na pripojenie týchto mechanizmov slúži manipulačné oko, ktoré je umiestnené centrálné v hornej časti karosérie kompakтора. Tento prvok je konštrukčne navrhnutý v trojuholníkovom tvare, čo umožňuje bezpečné a univerzálne upevnenie bežne používaných zdvíhacích prostriedkov, ako sú háky, reťaze či textilné popruhy. Manipulačné oko je uložené v otvorenom puzdre, ktoré je súčasťou karosérie, a je otočne upevnené na osi umiestnenej v jeho základni, čo umožňuje jeho jednoduché vyklopenie do pracovnej polohy. Pre uľahčenie manipulácie je puzdro doplnené o ergonomický otvor, vďaka ktorému môže obsluha pohodlne uchopiť a otočiť oko bez potreby použitia náradia.



Obr. 6-15 Transport stroja

6.3.6 Svetelné prvky

Pre zabezpečenie bezpečnej a efektívnej prevádzky autonómneho vibračného kompaktora je nevyhnutné vybaviť stroj dvoma typmi svetelných prvkov. Prvým z nich je výstražné osvetlenie, ktoré slúži na upozornenie okolia na pohybujúce sa autonómne zariadenie a znižuje tak riziko kolízie s pracovníkmi či inými strojmi na stavenisku. Druhým typom je funkčné osvetlenie pracovnej plochy, ktoré zlepšuje viditeľnosť a zároveň podporuje činnosť senzorických systémov zodpovedných za navigáciu a detekciu terénu. Obe tieto funkcie sú zabezpečené prostredníctvom LED svetelných modulov, ktoré sú integrované pozdĺž rámu na prednej a zadnej strane stroja. Vzhľadom na to, že kompaktor sa počas prevádzky často otáča a mení smer jazdy bez zásahu obsluhy, je systém osvetlenia navrhnutý tak, aby sa automaticky prepínal podľa aktuálneho smeru pohybu. V praxi to znamená, že predná strana kompaktora je vždy osvetlená stabilným bielym svetlom, zatiaľ čo zadná strana signalizuje pohyb blikajúcim oranžovým svetlom.



Obr. 6-16 Dynamické svetelné funkcie

6.3.7 Bezpečnostné pozastavenie

Počas autonómnej prevádzky vibračného kompaktora môže dôjsť k situácii, kedy sa osoba alebo objekt ocitne v jeho bezprostrednej blízkosti, či už neúmyselne alebo zámerne. Z tohto dôvodu je zariadenie vybavené systémom varovných upozornení, ktoré zaisťujú zvýšenú bezpečnosť pracovného prostredia. V prípade detekcie prekážky stroj najprv vydá vizuálne varovanie formou oranžového blikajúceho svetla, ktoré je okamžite doplnené akustickým signálom – klaksónom. Ak napriek týmto výstrahám nedôjde k reakcii, zariadenie automaticky preruší svoju činnosť a zotrvá v pohotovostnom režime s pokračujúcim oranžovým signalizovaním. Po uvoľnení priestoru a obnovení bezpečných podmienok sa po krátkej časovej prodleve pracovný cyklus automaticky znovu spustí.



Obr. 6-17 Núdzové pozastavenie

6.4 Ergonómia, bezpečnosť a hygiena

6.4.1 Ovládanie a monitorovanie

Ovládanie navrhovaného stroja je zabezpečené prostredníctvom bezdrôtového prepojenia medzi tabletom a samotným kompaktorom. Prostredníctvom tohto zariadenia môže operátor jednoducho nastavovať parametre pracovného procesu, aktivovať vybrané servisné úkony alebo v prípade potreby ovládať stroj manuálne pomocou integrovaných ovládacích prvkov. Tablet zároveň poskytuje prehľad o kľúčových prevádzkových údajoch v reálnom čase – vrátane stavu kompaktácie, úrovne zhutnenia, zostávajúceho pracovného času a aktuálne aktívnych funkcií stroja. V prípade výskytu problémov, ako je kolízia, mechanická porucha alebo zablokovanie zariadenia, systém automaticky upozorní operátora prostredníctvom notifikácie priamo na obrazovke tabletu.



Obr. 6-18 Ovládanie pomocou tabletu

6.4.2 Výmena batérií

Pri elektricky poháňaných zariadeniach predstavuje relatívne dlhý čas nabíjania batérií výrazné obmedzenie, najmä v oblasti stavebných kompakčných prác, ktoré často trvajú niekoľko jednotiek až desiatok hodín. Ak by bolo zariadenie potrebné nabíjať približne 20 minút každú hodinu, výrazne by sa tým predĺžila celková doba práce a znížila jej efektívnosť. Z tohto dôvodu je vibračný kompaktor konštruovaný so štvoricou vymeniteľných batérií, ktoré umožňujú rýchlu a efektívnu výmenu po ich vybití. Namiesto dlhého nabíjania tak operátor jednoducho nahradí vybité batérie plne nabitými, čo celý proces výrazne zrýchľuje – výmena trvá približne 5 minút, po čom môže zariadenie bez prerušenia pokračovať v práci. Vybité batérie sú následne umiestnené do nabíjacej stanice, kde sa môžu dobiť na ďalší pracovný cyklus.



Obr. 6-19 Uvoľnenie batérie



Obr. 6-20 Výmena batérie

6.4.3 Núdzové tlačidlo

Z hľadiska bezpečnosti je nevyhnutné, aby bol autonómny vibračný kompaktor vybavený núdzovým tlačidlom *STOP*. Toto tlačidlo slúži na okamžité prerušenie všetkých činností zariadenia v prípade neočakávanej alebo nebezpečnej situácie. Môže byť využité napríklad pri náhlej poruche systému, výskyte osoby v bezprostrednej blízkosti stroja, technickom zlyhaní senzorov alebo pri kolízii s iným objektom. Umiestnenie tohto prvku bolo navrhnuté tak, aby bol jednoducho prístupný a zároveň chránený pred nechcenou aktiváciou – nachádza sa na zadnej strane kompaktora, priamo pod vetracou mriežkou. Takáto poloha umožňuje rýchly zásah obsluhy prichádzajúcej z boku.



Obr. 6-21 Núdzové tlačidlo

6.4.4 Hygiena

Vzhľadom na to, že sa zariadenie pohybuje v náročnom stavebnom prostredí, dochádza počas práce k hromadeniu nečistôt najmä v okolí vetracích priechodov, spodnej časti rámu a na plochách okolo senzorických modulov. Obzvlášť vetracie otvory predstavujú kritické miesto, kde sa môžu zachytávať kúsky blata, prach alebo drobný štrk, čo môže časom obmedziť prúdenie vzduchu a negatívne ovplyvniť účinnosť chladenia. Po každom pracovnom cykle je preto odporúčané dôkladné vyčistenie týchto oblastí – najmä prefúknutie priechodov stlačeným vzduchom alebo opláchnutie vodou, ak to podmienky dovoľujú. Okrem toho je potrebné pravidelne kontrolovať stav filtra chladiaceho systému, ktorý je umiestnený za ventilačnými panelmi, a v prípade jeho silného znečistenia alebo opotrebenia ho vymeniť. Ďalšie pravidelné údržbové úkony nie sú potrebné, nakoľko elektrické vibračné kompaktoary sú takmer bezúdržbové.

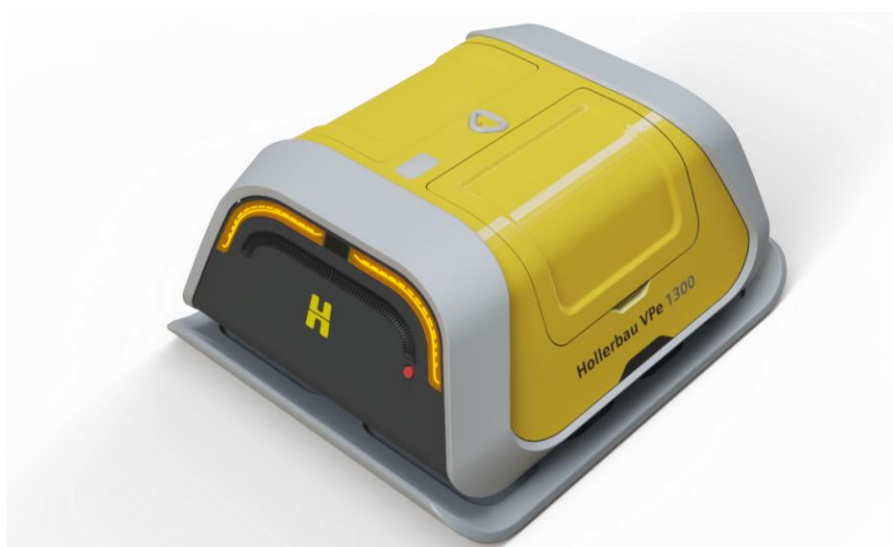
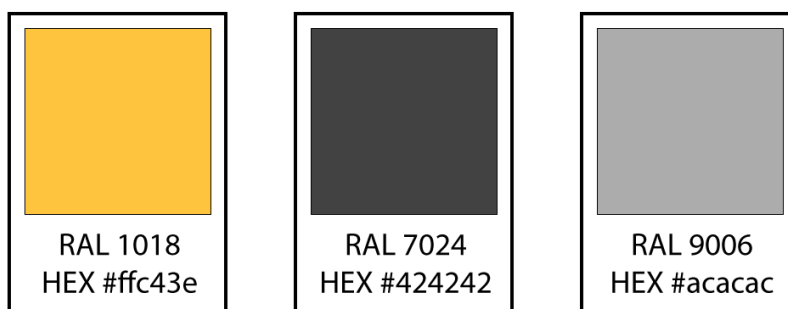


Obr. 6-22 Hygiena a údržba

6.5 Farebné a grafické riešenie

6.5.1 Farebné riešenie

Pri návrhu farebného riešenia zariadenia sa prihliadalo predovšetkým na jeho prevádzkové prostredie a funkčný charakter. Vzhľadom na to bolo potrebné zvoliť farebnú kombináciu, ktorá bude dostatočne výrazná na zaistenie vizuálnej viditeľnosti a bezpečnosti, no zároveň nebude príliš vybočovať z estetického štandardu ostatných stavebných strojov. Keďže ide o technické zariadenie prioritne určené na funkčnú činnosť, nebola požadovaná široká škála farebných verzií. Z tohto dôvodu bol zvolený jeden farebný variant kombinujúci žltú a tmavo šedú farbu na karosérii, pričom rám stroja je vyhotovený v blede šedom odtieni. Dominantná žltá farba na bočných stranách karosérie zabezpečuje dobrú viditeľnosť aj bez prítomnosti výstražných prvkov, zatiaľ čo tmavo šedé plochy na prednej a zadnej strane slúžia ako kontrastné pozadie pre dynamické svetelné jednotky plniace výstražnú funkciu. Bledo šedé farebné prevedenie rámu, ako konštrukčne výrazného prvku, napomáha k vizuálnemu vyváženiu celého stroja, potláča jeho dominanciu a zároveň podporuje harmonický vzhľad zariadenia.



Obr. 6-23 Farebné prevedenie

6.5.2 Logo, identita

V rámci tejto práce bola navrhnutá aj vizuálna a značková identita fiktívneho výrobcu zariadenia pod názvom *Hollerbau*. Tento názov zámerne evokuje nemecký pôvod spoločnosti, čím posilňuje dojem technickej precíznosti, kvality a inovatívneho inžinierstva – atribútov často spájaných s nemeckým strojárstvom. Súčasťou identifikačnej stratégie je aj pomenovanie konkrétneho modelu zariadenia – *VPe 1300*. Skratka „VP“ predstavuje označenie Vibrating Plate, „e“ signalizuje elektrický pohon a číselný údaj *1300* označuje funkčnú pracovnú šírku vibračnej dosky v milimetroch. Názov značky spolu s modelovým označením je aplikovaný na bočnej strane zariadenia ako súčasť dizajrovej identity. Logo spoločnosti, umiestnené na prednej a zadnej ploche stroja, vychádza z iniciály „H“ a je spracované v charakteristickej žltej farbe zhodnej s karosériou. Tvar loga je mierne perspektívne upravený, pôsobí vzpriamene a je rozdelený na dve časti, čo vizuálne pripomína proces hutnenia pôdy. Navyše tvar oboch polovic loga odkazuje na charakteristické kontúry kapoty samotného stroja, čím sa prepája technická funkcia s vizuálnou identitou značky.



Obr. 6-24 Logo Hollerbau

Hollerbau VPe 1300

Obr. 6-25 Modelové označenie zariadenia

6.6 Udržateľnosť produktu

Navrhnutý autonómny vibračný kompaktor zohľadňuje princípy udržateľnosti nielen v oblasti prevádzky, ale aj pri samotnej konštrukcii. Jeho hlavná nosná štruktúra, vrátane rámu, karosérie a hutniacej dosky, je vyrobená prevažne z ocele – materiálu, ktorý je nielen pevný a odolný, ale zároveň plne recyklovateľný. Výnimočnú trvácnosť a odolnosť voči mechanickému namáhaniu dopĺňajú len menšie komponenty z plastov, prevažne vo forme ochranných krytov, ktoré sú navrhnuté z recyklovateľných termoplastov. Z ekologického hľadiska je zásadným prínosom použitie elektrického pohonu, ktorý eliminuje lokálne emisie výfukových plynov, čím výrazne znižuje dopad na životné prostredie v porovnaní s konvenčnými spaľovacími strojmi. Tichší chod a absencia toxických výparov zároveň umožňujú použitie zariadenia v urbanizovaných alebo ekologicky citlivých oblastiach. V kombinácii s možnosťou výmeny batérií a možným napájaním z obnoviteľných zdrojov energie sa tak tento stroj stáva modernou alternatívou voči tradičným riešeniam, ktorá zodpovedá požiadavkám súčasného tlaku na ekologickú zodpovednosť a udržateľný rozvoj v stavebníctve.

6.7 Hodnotenie kľúčových parametrov

Navrhnutý autonómny vibračný kompaktor naplnil stanovené ciele a predstavuje funkčný, udržateľný a dizajnovy premyslený produkt. Oceľová konštrukcia zabezpečuje pevnosť a dlhú životnosť, plastové kryty zase prispievajú k jednoduchému a čistému vzhľadu. Elektrický pohon eliminuje emisie a hluk, čo umožňuje použitie aj v ekologicky citlivých oblastiach. Akumulátorový systém je navrhnutý pre jednoduché dobíjanie a výmenu, čím sa zvyšuje prevádzková efektívnosť. Kompaktne riešený tvar a stabilné ťažisko zabezpečujú bezpečnú prevádzku v rôznorodom teréne. Zariadenie zároveň kladie dôraz na recyklovateľnosť materiálov a celkovú ekologickú stopu. Spája technickú inováciu s praktickou použiteľnosťou a má potenciál zaujať ako koncových používateľov, tak aj výrobcov.

7 ZÁVER

Diplomová práca sa zameriavala na návrh autonómneho vibračného doskového kompaktora, ktorý reflektuje súčasné trendy automatizácie v stavebníctve a zároveň vyplňa medzeru na trhu s doskovými vibračnými kompakťami, ktoré sú vhodné pre špecifické stavebné aplikácie. Na základe dôkladnej analýzy potrieb stavebného priemyslu a dostupných technológií bol vypracovaný koncepčný návrh zariadenia, ktorý kombinuje moderný dizajn, elektrický pohon, autonómne riadenie a sofistikované bezpečnostné prvky. Vďaka systému štyroch vymeniteľných batérií je možné dramaticky znížiť potrebné prestávky na nabíjanie kompaktora, čím sa môže proces skrátiť takmer o 30%. Zariadenie zároveň vďaka samostatnej činnosti umožní operátorovi súbežne vykonávať inú prácu. Pri stavebných prácach je často dôležitá variabilita rôznych úkonov, preto navrhnutý kompaktor ponúka alternatívy – nabitie pomocou kábla bez výmeny batérie, či ovládanie v „*remote control*“ móde. Z hľadiska bezpečnosti dokáže kompaktor pohotovo reagovať na akýkoľvek zásah z prostredia a okamžite pozastaví svoju činnosť aj v prípadoch, ktoré by si operátor nemusel všimnúť alebo by nestihol zareagovať.

Celkovo vznikol autonómny vibračný kompaktor, ktorý spája technologickú inováciu s praktickou použiteľnosťou, dôrazom na udržateľnosť a vizuálnu kultivovanosť. Takýto produkt má potenciál uspokojiť požiadavky koncového používateľa, servisných technikov aj samotného výrobcu, čím predstavuje vhodné a moderné riešenie pre oblasť kompaktie zemín v 21. storočí.

8 VÝSLEDOK VÝSKUMU PODĽA RIV

| | |
|--------------------------|--------------------------------------|
| Druh výsledku | Funkční vzorek |
| Názov výsledku | Autonómny vibračný doskový kompaktor |
| Autor | Bc. Martin Zboran |
| Miesto uloženia výsledku | VUT Brno |

Tab. 8-1 Výsledok výzkumu podľa RIV

9 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] AMMANN. AMMANN UNVEILS FIRST-EVER AUTONOMOUS VIBRATORY PLATE. *Ammann.com* [online]. 2016 [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.ammann.com/en-AE/news/ammann-unveils-first-ever-autonomous-vibratory-plate/>
- [2] OPTIMAL DESIGN OF AN ONE-WAY PLATE COMPACTOR. *Acta Technica Napocensis: Series Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering* [online]. 2017, **2017**(60), 1 [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://atna-mam.utcluj.ro/index.php/Acta/article/view/933/876>
- [3] ZHOU, Zhuomin, Elahe ABDI, Cheav Por CHEA a Yu BAI. Global path planning for autonomous construction vehicles in building construction: A comparative study with a focus on vehicle kinematic characteristics. *Journal of Building Engineering* [online]. 2024, **93** [cit. 2025-03-25]. ISSN 23527102. Dostupné z: [doi:10.1016/j.jobe.2024.109837](https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109837)
- [4] TOMAHAWK. 5.5 HP Honda Reverse Plate Compactor 19x14 Plate for Asphalt, Aggregate, Cohesive Soil Compaction. *Tomahawk-power.com* [online]. [cit. 2025-03-26]. Dostupné z: <https://tomahawk-power.com/products/5hp-honda-reverse-plate-compact-19x14-asphalt-aggregate-cohesive-soil-compaction>
- [5] HITACHI. Developing an Autonomous Compaction System using a Vibratory Roller for Earthwork. *Hitachi.com* [online]. 2023 [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.hitachicm.com/global/en/innovations/innovations03/>
- [6] Trimble Completes Test of Fully Autonomous Soil Compactor. *Engineering.com* [online]. 2023 [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.engineering.com/trimble-completes-test-of-fully-autonomous-soil-compact-19x14-asphalt-aggregate-cohesive-soil-compaction/>
- [7] WACKER NEUSON, *catalog: Rammers, vibratory plates and rollers* [online]. In: . 2024 [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.wackerneuson.com/media/content/180279.pdf>

- [8] LECTURA SPECS. Wacker Neuson DPU110 Lem 970. *Lectura-specs.cz* [online]. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.lectura-specs.cz/cz/model/vybaveni-pro-stavebni-inzenyrstvi/vibracni-desky-reverzni-vibracni-desky-wacker-neuson/dpu110-lem-970-1164139>
- [9] HUSQUARNA. Husqvarna LG 164. *Husquarnaconstruction.com* [online]. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.husquarnaconstruction.com/cz/hutnici-desky/lg164/>
- [10] AMMANN. Ammann APH 100 TC. *Ammann.com* [online]. [cit. 2024-11-24]. Dostupné z: <https://www.ammann.com/cz-cz/machines/light-equipment/vibratory-plates/aph-1000-tc>
- [11] AMMANN. Dosažení "třetího rozměru" zhutňování. *Ammann.com* [online]. 2022 [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.ammann.com/cz-cz/news-media/news/reaching-compactions-third-dimension>
- [12] *Ammann eAPX 68/95 3D compactor* [online]. In: . 2022 [cit. 2024-11-24]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=fSPLXy5peP0&t=27s>
- [13] HUSQUARNA. Husqvarna LH 804. *Husquarnaconstruction.com* [online]. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.husquarnaconstruction.com/int/compactors/lh804/>
- [14] *BOMAG. BPH 80/65S: Product brochure* [online]. In: . [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: https://www.norwit.cz/wp-content/uploads/2021/10/bomag_bph80-65s.pdf
- [15] WACKER NEUSON. Electric vibratory plate AP2560e. *Wackerneuson.com* [online]. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.wackerneuson.com/in/products/vibratory-plates/single-direction-vibratory-plates/electric-vibratory-plate-ap2560e-25-kn/overview/tab>
- [16] BOMAG. Reversible vibratory plate BPR 35/60 D. *Bomag.com* [online]. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.bomag.com/ww-en/machinery/categories/light-equipment/bpr-3560-d-69547/>
- [17] BILITI ELECTRIC. Types of motors in Electric Vehicle. *Bilitielectric.com* [online]. 2023 [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://bilitielectric.com/blog/types-of-motors-in-electric-vehicles/>
- [18] ENNOVI. Types of Electric Motors for EVs: AC vs DC. *Ennovi.com* [online]. 2024 [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://ennovi.com/types-of-electric-motors-for-evs/>

- [19] D'URSO, Diego, Ferdinando CHIACCHIO, Dario BORROMETI, Antonio COSTA a Lucio COMPAGNO. Dynamic failure rate model of an electric motor comparing the Military Standard and Svenska Kullagerfabriken (SKF) methods. *Procedia Computer Science* [online]. 2021, **180**, 456-465 [cit. 2025-03-25]. ISSN 18770509. Dostupné z: doi:10.1016/j.procs.2021.01.262
- [20] *Hydraulic exciter of vibrations for a vibratory compactor* [online]. [cit. 2025-03-25]. USA. 3,849,986. Uděleno June 22, 1973. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US4003203A/en>
- [21] THIRD COAST EQUIPMENT. How Exciters Work On Plate Compactors. *Thirdcoastequipment.com* [online]. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://thirdcoastequipment.com/how-exciters-work-on-plate-compactors/>
- [22] L&S ENGINEERS. Exciter for Wacker WP1030AW Plate Compactor. *Lsengineers.co.uk* [online]. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.lsengineers.co.uk/exciter-genuine-wacker-part-oem-no-5000402073.html>
- [23] LECTURA SPECS. Wacker Neuson DPU 130 r. *Lectura-specs.cz* [online]. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.lectura-specs.cz/cz/model/vybaveni-pro-stavebni-inzenyrstvi/vibracni-desky-reverzni-vibracni-desky-wacker-neuson/dpu-130-r-1164141>
- [24] YEONG, De Jong, Gustavo VELASCO-HERNANDEZ, John BARRY a Joseph WALSH. Sensor and Sensor Fusion Technology in Autonomous Vehicles: A Review. *Sensors* [online]. 2021, **21**(6) [cit. 2025-03-25]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s21062140
- [25] CAR MAGAZINE. LiDAR: the secret sauce to assisted driving. *Carmagazine.co.uk* [online]. 26 September 2024 [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.carmagazine.co.uk/autonomous/what-is-lidar/>
- [26] IGNATIOUS, Henry Alexander, Hesham-El- SAYED a Manzoor KHAN. An overview of sensors in Autonomous Vehicles. *Procedia Computer Science* [online]. 2022, **198**, 736-741 [cit. 2025-03-25]. ISSN 18770509. Dostupné z: doi:10.1016/j.procs.2021.12.315

- [27] ZEIN, Yassine, Mohamad DARWICHE a Ossama MOKHIAMAR. GPS tracking system for autonomous vehicles. *Alexandria Engineering Journal* [online]. 2018, **57**(4), 3127-3137 [cit. 2025-03-25]. ISSN 11100168. Dostupné z: doi:10.1016/j.aej.2017.12.002
- [28] MCNULTY, David, Aaron HENNESSY, Mei LI, Eddie ARMSTRONG a Kevin M. RYAN. A review of Li-ion batteries for autonomous mobile robots: Perspectives and outlook for the future. *Journal of Power Sources* [online]. 2022, **545** [cit. 2025-03-25]. ISSN 03787753. Dostupné z: doi:10.1016/j.jpowsour.2022.231943
- [29] AICHELIN. LFP Battery Material Composition. *Aichelin.at* [online]. [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.aichelin.at/en/products/topics/lfp-battery-material-composition>
- [30] *Виброплита Wacker Neuson DPU 130. Высочайшая маневренность!* [online]. In: . 2019, 19. 4. 2019 [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=Q30tpmHkAnU&t=2s&ab_channel=%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%B6%C2%AB%D0%A2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%9C%D0%B0%D0%BD%C2%BB
- [31] DIMEC. How to Use an Electric Plate Compactor Effectively. *China-dimec.com* [online]. 2024 [cit. 2025-03-25]. Dostupné z: <https://www.china-dimec.com/how-to-use-an-electric-plate-compactor-effectively/>

10 ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK, SYMBOLOV A VELIČÍN

| | |
|------------|--|
| <i>mm</i> | milimeter |
| <i>kg</i> | kilogram |
| <i>kW</i> | kilowat |
| <i>kN</i> | kilonewton |
| <i>LED</i> | light emitting diode |
| <i>IoT</i> | internet of things |
| <i>ICT</i> | information and communication technologies |
| <i>GPS</i> | global positioning system |
| <i>PVC</i> | polyvinylchlorid |
| <i>USB</i> | Universal Storage Bus |

11 ZOZNAM OBRÁZKOV A GRAFOV

| | |
|--|----|
| Obr. 2-1 Triedenie zdrojov | 15 |
| Obr. 2-2 Kompaktor v pracovnom prostredí [4] | 16 |
| Obr. 2-3 Amman unveils first-ever autonomous vibratory plate [1] | 17 |
| Obr. 2-4 Hitachi autonomous compactor [5]..... | 18 |
| Obr. 2-5 Hitachi autonomous compactor software [5] | 18 |
| Obr. 2-6 Trimble autonomous compactor [6]..... | 19 |
| Obr. 2-7 Wacker Neuson DPU 110 [7] | 20 |
| Obr. 2-8 Wacker Neuson DPU 130r [8] | 21 |
| Obr. 2-9 Wacker Neuson DPU 130r controller [8] | 22 |
| Obr. 2-10 Husquarna LG 164 [9] | 23 |
| Obr. 2-11 Ammann APH 1000 TC [10] | 24 |
| Obr. 2-12 Ammann APH 1000 TC controller [10] | 25 |
| Obr. 2-13 Ammann eAPX 68/95 [12]..... | 26 |
| Obr. 2-14 Ammann autonomous plate compactor [1] | 27 |
| Obr. 2-15 Husquarna LH 804 [13] | 28 |
| Obr. 2-16 Bomag BPH 80/65 S [14]..... | 29 |
| Obr. 2-17 Wacker Neuson AP2560e [15]..... | 30 |
| Obr. 2-18 Bomag BPR [16]..... | 31 |
| Obr. 2-19 Vnútorné rozloženie komponentov [12] | 33 |
| Obr. 2-20 Exploded view of an asynchronous motor [19] | 35 |
| Obr. 2-21 Exciter for Wacker Plate Compactor [22]..... | 36 |
| Obr. 2-22 Wacker Neuson DPU 130r dual plate [23]..... | 37 |
| Obr. 2-23 Overview of sensors in autonomous vehicles [24] | 38 |
| Obr. 2-24 LiDAR sensor in autonomous vehicles [25] | 39 |
| Obr. 2-25 Kompozícia LFP batérie [29]..... | 41 |
| Obr. 2-26 Typické pracovné podmienky [30] | 42 |
| Obr. 2-27 Wacker Neuson DPU 130r exploded view [23]..... | 43 |
| Obr. 2-28 Ergonomická schéma..... | 44 |

| | |
|--|----|
| Obr. 4-1 Glassbox diagram | 49 |
| Obr. 4-2 Variant 1 | 50 |
| Obr. 4-3 Variant 2..... | 51 |
| Obr. 4-4 Variant 3..... | 52 |
| Obr. 5-1 Predbežný návrh | 54 |
| Obr. 5-2 Určenie predbežných rozmerov | 55 |
| Obr. 6-1 Proces navrhovania | 58 |
| Obr. 6-2 Vizualizácia v prostredí | 59 |
| Obr. 6-3 Predný pohľad | 60 |
| Obr. 6-4 Zadný pohľad | 60 |
| Obr. 6-5 Bočný pohľad..... | 61 |
| Obr. 6-6 Perspektívny pohľad | 61 |
| Obr. 6-7 Batériový priestor | 62 |
| Obr. 6-8 Finálne rozmery..... | 63 |
| Obr. 6-9 Prehľad vnútorných komponentov | 64 |
| Obr. 6-10 Vizualizácia komponentov podľa materiálu | 65 |
| Obr. 6-11 Rám stroja..... | 67 |
| Obr. 6-12 Prieduch stroja..... | 68 |
| Obr. 6-13 Senzorové moduly stroja..... | 69 |
| Obr. 6-14 Konektory stroja | 70 |
| Obr. 6-15 Transport stroja..... | 71 |
| Obr. 6-16 Dynamické svetelné funkcie..... | 72 |
| Obr. 6-17 Núdzové pozastavenie | 73 |
| Obr. 6-18 Ovládanie pomocou tabletu..... | 74 |
| Obr. 6-19 Uvoľnenie batérie | 75 |
| Obr. 6-20 Výmena batérie..... | 76 |
| Obr. 6-21 Núdzové tlačidlo | 76 |
| Obr. 6-22 Hygiena a údržba | 77 |
| Obr. 6-23 Farebné prevedenie | 78 |
| Obr. 6-24 Logo Hollerbau..... | 79 |

12 ZOZNAM TABULIEK

| | |
|---|----|
| Tab. 2-1 Popis komponentov | 33 |
| Tab. 3-1 Vymedzenie atribútov a cieľov produktu | 47 |
| Tab. 4-1 Analýza alternatívnych riešení | 53 |
| Tab. 5-1 Odhad ceny | 57 |
| Tab. 6-1 Prehľad materiálov | 66 |
| Tab. 8-1 Výsledok výzkumu podľa RIV | 82 |

13 ZOZNAM PRÍLOH

Zmenšené plagáty

- Zmenšený sumarizačný plagát
- Zmenšený technický plagát
- Zmenšený ergonomický plagát
- Zmenšený designérsky plagát

Samostatné prílohy

- Sumarizačný plagát A1
- Technický plagát A1
- Ergonomický plagát A1
- Designérsky plagát B1
- Fyzický model

14 PRÍLOHY

Hollerbau VPe 1300 Sumarizačný poster



Dizajn autonómneho deskového kompaktoru

Dominantným prvkom dizajnu je robustný rám plynulo obopínajúci celé telo stroja, ktorý zaisťuje kompaktnosť, ochranu a vizuálnu kontinuitu. Tento dizajnový jazyk sa premieta do tvarovania svetelných prvkov, vetracích otvorov aj bočných dverí s prelismi, ktoré zvyšujú pevnosť konštrukcie. Manipulačné oko v tvare zaobleného rovnoramenného trojuholníka zabezpečuje pohodlnú manipuláciu. Lichobežníkové prvky na bokoch stroja funkčne aj vizuálne integrujú senzory a prístup k batériám. Celkové tvarovanie reflektuje aktuálne trendy v autonómnej stavebnej technike.



DESIGN AUTONOMNÉHO DESKOVÉHO KOMPAKTORU / DIPLOMOVÁ PRÁCA / Autor: Bc. Martin Zboran / Vedúci práce: doc. akad. soch. Ladislav Kfenek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2025

 VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA STROJNÍHO
TECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ
V BRNĚ

 ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

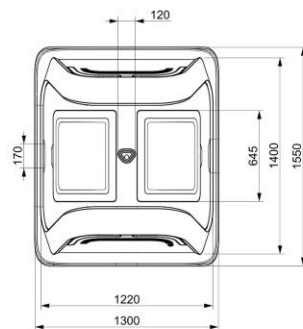
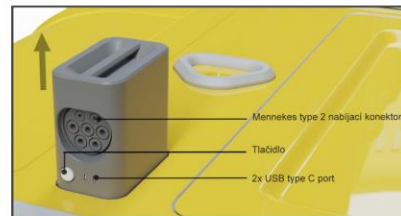
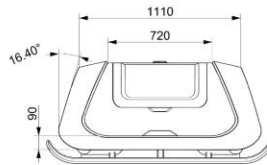
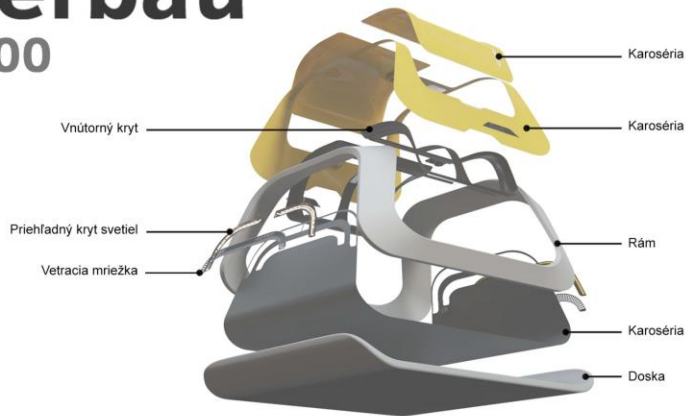
 odbor
průmyslového
designu

Hollerbau

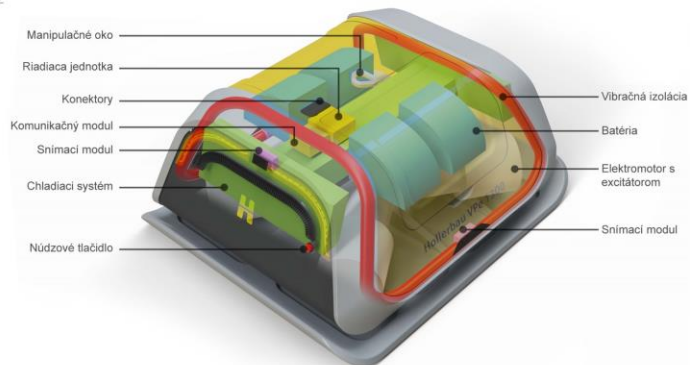
VPe 1300

Technický poster

Konštrukcia zariadenia je navrhnutá z viacerých komponentov, pričom každý prvok je vyrobený z materiálu prispôbeného jeho funkčnému a mechanickému zaťaženiu. Hlavné časti zahŕňajú oceľový rám a karosériu, kryty z PVC termoplastu, polykarbonátový priehľadný kryt a hliníkovú vetraciu mriežku. Výroba využíva technológie ako presné odlievanie, zváranie, termoformovanie a laserové rezanie.



Pohon zabezpečujú štyri elektromotory usporiadané do tvaru písmena X, doplnené o štyri excitačné jednotky, čo umožňuje flexibilný pohyb. Energii dodávajú štyri symetricky umiestnené LFP batérie, chladené systémom za predným a zadným panelom karosérie. Autonómnu prevádzku zabezpečujú štyri senzorové moduly s LiDARom, kamerou a radarom, pričom riadenie celého systému má na starosti centrálna riadiaca jednotka. Táto konfigurácia zaisťuje stabilitu, bezpečnosť a spoľahlivú autonómnú prevádzku zariadenia.



DESIGN AUTONOMNÍHO DESKOVÉHO KOMPAKTORU / DIPLOMOVÁ PRÁCA / Autor: Bc. Martin Zboran / Vedúci práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2025



Hollerbau

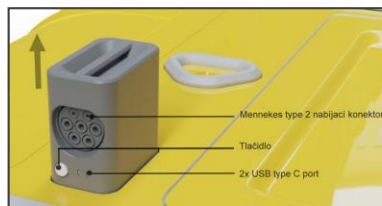
VPe 1300

Ergonomický poster

Z hľadiska ergónómie a bezpečnosti je autonómny vibračný kompaktor vybavený núdzovým tlačidlom STOP, ktoré umožňuje okamžité zastavenie všetkých činností zariadenia pri neočakávanej udalosti. Tlačidlo je umiestnené na zadnej strane kompaktora, pod vetracou mriežkou v pozícii, ktorá zabezpečuje rýchly prístup pre obsluhu prichádzajúcu z boku, no zároveň minimalizuje riziko nechcenej aktivácie. Takéto riešenie zvyšuje ochranu operátora a podporuje rýchlu reakciu v kritických situáciách.



Pri práci v náročných terénnych podmienkach je dôležitá aj jednoduchosť a efektívnosť obsluhy. Kompaktor preto využíva štyri vymeniteľné batérie, ktoré možno vymeniť za približne päť minút, čím sa eliminuje prestoj spôsobený nabíjaním. Ovládanie je zabezpečené prostredníctvom prehľadného rozhrania na tablete, ktoré operátorovi umožňuje sledovať stav zariadenia v reálnom čase, nastavovať pracovné parametre či reagovať na poruchy alebo výstrahy.



Okrem bezdrôtového prepojenia je k dispozícii aj káblový prístup cez dva USB-C konektory a nabíjaci konektor typu Mennekes (Type 2), všetky umiestnené vo vysúvacom paneli na vrchnej strane stroja. Takéto riešenie umožňuje jednoduché párovanie, diagnostiku, aktualizáciu softvéru či priame nabíjanie batérií bez potreby ich vyberania, pričom panel zároveň chráni konektory pred vodou a prachom.

DESIGN AUTONOMNÍHO DESKOVÉHO KOMPAKTORU / DIPLOMOVÁ PRÁCA / Autor: Bc. Martin Zboran / Vedúci práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2025

VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ
V BRNĚ

ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

odbor
průmyslového
designu

Autonomní deskový kompaktor 2025

Martin Zboran, Bc.

vedoucí: doc. akad. soch. Ladislav Křenek, Art. D

Hollerbau VPe 1300 je návrh autonomního deskového kompaktoru na elektrický pohon. Dominantním prvkem dizajnu je robustní rám plynulo obopínající celé tělo stroje. Za pomoci přítomných vymenitelných baterií je možné ušetřit až 30% pracovní doby. Alternativnou možností je využití nabíjecího konektoru v vysúvacím module na vrchu stroje. Zdvíhací oko v tvare zaobleného rovnostranného trojúhelníku umožňuje pohodlnou manipulaci a použití lana, retaze aj popruhu. Bezpečnost zajišťují dynamické světelné prvky na čelních stranách stroje, které dokážou plynule měnit barvu a mód svícení a varovat tak okolí. Absenci světelných prvků na bočních stranách nahradza výrazná žltá farba plniaca výstražnú funkciu.

