

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ



Charakteristika sportovního nářadí a vybavení ze dřeva

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor: Karolína Dandová

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Gašparík, PhD.

Praha

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Karolína Dandová

Dřevařství

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

Charakteristika sportovního nářadí a vybavení ze dřeva

Název anglicky

Characteristics of sports equipment from wood

Cíle práce

Cílem práce je analýza současného stavu sportovního nářadí a vybavení ze dřeva pro vybrané jednotlivé skupiny kolektivních i individuálních sportů.

Metodika

1. Teoretická analýza současného stavu z pohledu využívání sportovního nářadí a vybavení v jednotlivých skupinách individuálních a kolektivních sportů.
2. Analýza vývoje sportovního nářadí a vybavení ze dřeva.
3. Porovnání funkčnosti sportovního nářadí a vybavení ze dřeva a z jiných materiálů (kov, plast atd.). Vzájemné porovnání výhod a nevýhod sportovního nářadí ze dřeva s jinými typy materiálů.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

sportovní nářadí a vybavení, kolektivní sport, individuální sport, dřevo

Doporučené zdroje informací

EASTERLING, E., A. Advanced Materials for Sports Equipment: How Advanced Materials Help Optimize Sporting Performance and Make Sport Safer. New York: Springer Science & Business Media, 2012, 127 s. ISBN 978-0-412-40120-6

JENKINS, M. Materials in Sports Equipment I. Boca Raton: CRC Press, 2003, 424 s. ISBN 0-8493-1766-5

PILATO, S., A., MICHNO, M. J. Advanced Composite Materials. New York: Springer Science & Business Media, 1994, 208 s. ISBN 3-540-57563-4

SUBIC, A. Materials in Sports Equipment II. Boca Raton: CRC Press, 2007, 376 s. ISBN 978-1-4200-6572-5

WALKER, M., L., SEIDLER, S. L. Sports Equipment Management. Boston/London: Jones & Bartlett Learning, 1993, 146 s. ISBN 0-86720-281-5

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Miroslav Gašparík, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 8. 5. 2019

doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 31. 05. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci „Charakteristika sportovního nářadí a vybavení ze dřeva“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Miroslava Gašparíka, PhD. a použila jsem prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne

Podpis studenta.....

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu Ing. Miroslavu Gašparíkovi, PhD. za odborné konzultace, vedení i cenné rady při zpracování práce. Na závěr bych chtěla poděkovat celé mé rodině, za plnou podporu během mého studia.

Abstrakt

Bakalářská práce obsahuje literární rešerši, která se zabývá využitím dřeva ve sportovním vybavení vybraných skupin individuálních a kolektivních sportů. Nejprve je práce zaměřena na všeobecný přehled materiálů ve sportovním vybavení s důrazem na vývoj a současné použití dřeva. Dále je práce rozdělena na skupiny individuálních a kolektivních sportů, jejichž obsah je zaměřen na charakteristiku určitého sportovního vybavení vybraných sportů. Cílem zkoumání bylo použití dřeva jako konstrukčního prvku tohoto vybavení a porovnání jeho funkčnosti s ostatními používanými materiály. Bylo zjištěno, že u individuálních zimních sportů se dřevo zachovalo především ve formě laminovaných jader, které jsou součástí rámu a z hlediska používaných materiálů disponují nejlepšími vlastnostmi. V kategorii individuálních letních sportů má dřevo význam především historický. Dnešní trendy spíše směřují k umělým materiálům a dřevo přechází do ústraní nebo se již nevyužívá. Co se kolektivních sportů týče, dřevo zde představuje velkou část sortimentu, především u pálkovacích sportů profesionální úrovně. Naopak je tomu u hokejových sportů, kde je dřevo uplatňováno pro sortiment nižších úrovní. Na profesionálních úrovních je dřevo nahrazováno lehkými kompozitními materiály, vyšších pevnostních vlastností.

Klíčová slova: sportovní nářadí a vybavení; kolektivní sport; individuální sport; dřevo

Abstract

This thesis contains a literature research which deals with the use of wood in sports equipment for selected groups of individual and team sports. First, the work focuses on a general overview of materials in sports equipment with emphasis on the development and current use of wood. Furthermore, the work is divided into groups of individual and team sports, whose content is aimed at characteristics of certain sports equipment of selected sports. The aim of the research was to use of wood as a structural element of all the equipment mentioned in more details and compares its functionality with other materials used. It was found that in individual winter sports, wood has been preserved mainly in the form of laminated cores, which are part of the frames and have the best properties in terms of materials used. In the category of individual summer sports, wood has a primarily historical significance. Today's trends are more towards artificial materials and wood is going into seclusion or is no longer used. As far as team sports are concerned, wood represents a large part of the assortment here, especially in professional batting sports. On the contrary, it is the case with hockey sports, where wood is used for a range of lower levels. At professional levels, wood is replaced by light composite materials, higher strength properties.

Key words: sports tools and equipment; team sport; individual sport; wood

Obsah

1 Úvod	12
2 Dřevěné nářadí a vybavení ve sportu	13
3 Individuální sporty	16
3.1 Lyžování	16
3.1.1 Charakteristika lyží	16
3.1.2 Materiály lyží	18
3.1.2.1 Jádru	19
3.1.2.2 Ostatní části	20
3.2 Snowboarding	22
3.2.1 Charakteristika snowboardu	22
3.2.2 Materiály snowboardů	24
3.2.2.1 Jádru	25
3.2.2.2 Ostatní části	25
3.3 Tenis	26
3.3.1 Charakteristika raket	26
3.3.2 Materiály konstrukčních prvků	27
3.3.2.1 Rám	27
3.3.2.2 Speciální části	30
3.3.2.3 Rukojeť	30
3.3.2.4 Průchodky	31
3.4 Surfování	31
3.4.1 Charakteristik a surfovacího prkna	32
3.4.2 Materiály surfařských prken	33
4 Kolektivní sporty	37
4.1 Baseball	37
4.1.1 Charakteristika pálek	37
4.1.2 Materiály baseballových pálek	39
4.2 Kriket	44
4.2.1 Charakteristika kriketových pálek	45
4.2.2 Materiály kriketových pálek	47
4.2.2.1 Čepel	47

4.2.2.2	Rukojeť	49
4.2.3	Zhušťování dřevěných kriketových pálek	50
4.3	Hokej.....	51
4.3.1	Charakteristika hokejky	52
4.3.1.1	Hokejky pro pozemní hokej.....	52
4.3.1.2	Hokejky pro lední hokej.....	53
4.3.2	Materiály hokejek	54
5	Shrnutí.....	58
6	Závěr.....	60
7	Seznam použité literatury.....	61

Seznam obrázků

Obr. 1 Vlákniťá struktura dřeva	14
Obr. 2 Kompozity sestávající min. ze dvou složek v různých proporcích a tvarech.....	15
Obr. 3 Základní design moderních sjezdových lyží.....	17
Obr. 4 Techniky výroby sjezdových lyží.....	18
Obr. 5 Schéma moderních laminovaných lyží.....	19
Obr. 6 Základní design snowboardu.....	23
Obr. 7 Sendvičové struktura snowboardu.....	23
Obr. 8 Techniky výroby snowboardu	24
Obr. 9 Forma snowboardu na počátku 70. let 20. století	25
Obr. 10 Jádru s průběhem dřevních vláken v různých směrech	25
Obr. 11 Základní design tenisové rakety	27
Obr. 12 Procento raket každého materiálu za dané desetiletí	28
Obr. 13 Tenisových raket znázorňující vývoj v čase.	30
Obr. 14 Set průchodek s tlumícími a nárazovými prvky.	31
Obr. 15 Druhy hran surfů.....	32
Obr. 16 Druhy surfovacích prken.....	33
Obr. 17 Havajské surfařské prkno datováno 1895–1900	34
Obr. 18 Struktura dutého jádra surfu	35
Obr. 19 Struktura komorového jádra	35
Obr. 20 Design standardní baseballové pálky	38
Obr. 21 Historická baseballová pálka	38
Obr. 22 Vývoj baseballových pálek.....	38
Obr. 23 Umístění sladkého místa (d).....	39
Obr. 24 Pohled na příčný řez javorem cukrovým a pohled 10x zvětšený	41
Obr. 25 Pohled na příčný řez jasanem americkým a pohled 10x zvětšený	42
Obr. 26 Porovnání baseballových pálek	44
Obr. 27 Charakteristika kriketové pálky	45
Obr. 28 Vývoj kriketových pálek od poloviny 18. století	46
Obr. 29 Odlišnost anglické (a) a kašmírské (b) čepele	48
Obr. 30 Příklad přidání složek v rukojeti.....	49
Obr. 31 Schéma klepacího stroje	50
Obr. 32 Mikroskopická struktura dřeva bez zhuštěných vláken (32a), po dvou hodinách (32b) a po čtyřech hodinách zhušťování (32c).....	51
Obr. 33 Charakteristika hole pozemního hokeje	52
Obr. 34 Ranné hokejky na pozemní hokej.....	53
Obr. 35 Základní design hokejky pro lední hokej.....	54
Obr. 36 Detailní charakteristika čepele	54

Seznam tabulek

Tab. 1 Vlastnosti vysokopevnostních vláken	21
Tab. 2 Vlastnosti viskoelastických materiálů používaných pro tlumení vibrací	22
Tab. 3 Vlastnosti materiálů pro výrobu baseballových pálek při 12% vlhkosti	40
Tab. 4 Přehled materiálových vlastností	49
Tab. 5 Vlastnosti dřevěné, hliníkové a kompozitní rukojeti.....	57

1 Úvod

Dřevo je pozoruhodným a pro lidstvo velmi zásadním materiálem, který svojí univerzálností a dostupností i dnes nachází mnoho uplatnění v našich životech.

V ranných dobách jej lidé využívali primárně k uspokojování svých základních potřeb, bylo především zdrojem světla, tepla a základním stavebním materiálem. S vývojem lidstva se zvyšovala potřeba dřeva jako materiálu, především v zemědělství a průmyslu. Lidé těmito zkušenostmi postupně přicházeli k charakteru dřeva a potenciálu jeho vlastností. S tímto poznáním se dřevo stávalo mnohem všestrannějším materiálem a bylo součástí každodenního života, který mimo jiné zahrnoval mnoho sportovních a fyzických aktivit. Řada těchto aktivit vycházela z primitivních sportů a zábav starověku, jiné se vyvíjeli z prostředků dopravy nebo dokonce vojenské činnosti. Množství sportů vyžadovalo určitých nástrojů a vybavení, pro jejichž výrobu bylo dřevo základním materiálem.

Dnešní sportovní svět disponuje obrovským množstvím, co se materiálů a designu vybavení týče. Dřevo našlo v mnoha sportech natolik pevné místo, že i přes narůstající nároky na výkon sportovců a vysoké požadavky na vlastnosti vybavení, nenachází v řadě sportů konkurenci.

Pokud bychom se chtěli dozvědět více specifický informací o využití materiálů ve sportu, jen s velkou obtíží bychom našli literaturu poskytující souhrnný přehled o tomto tématu. Na základě toho vznikla tato bakalářská práce, s cílem podat souhrnný přehled o materiálech sportovního vybavení s důrazem na využití dřeva. Analyzovat současný stav sportovního nářadí a vybavení pro vybrané jednotlivé skupiny kolektivních a individuálních sportů. Nejprve je uveden obecný přehled využití materiálů sportovního náčiní a vybavení, přičemž se dále podrobněji zabývám charakteristikou a materiály náčiní vybraných sportů.

2 Dřevěné nářadí a vybavení ve sportu

V současné době lidé utrácí za sportovní zboží miliardy dolarů ročně. Moderní trendy skutečně naznačují, že procento populace účastníků se aktivního sportu nebo trávení volného času je ve všech průmyslových zemích na vzestupu. V obchodech se sportovním vybavením je nabízena velká škála náčiní špičkové úrovně a designu, kdy technika a nové pokročilé materiály jsou jedním z důležitých podmínek ke zlepšení úrovně sportovních výkonů.

V současnosti se na trhu pohybují desítky tisíc různých materiálů z kategorií:

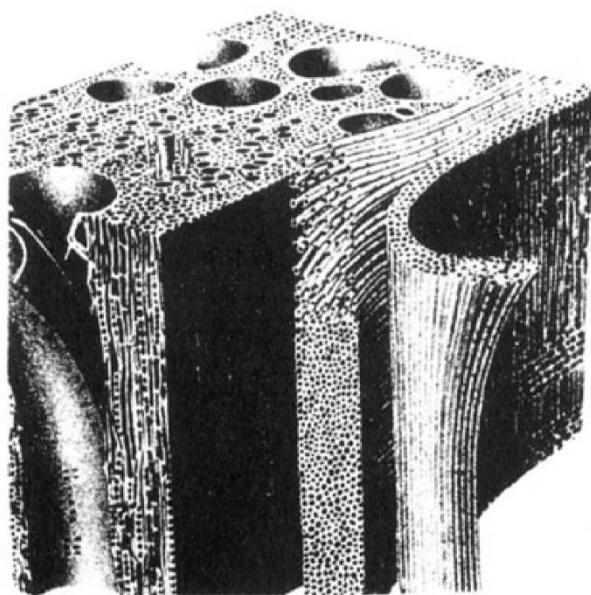
- **surové přírodní materiály**
 - horniny/minerály
 - dřevo
 - korek
- **zpracované přírodní materiály**
 - kovy (včetně slitin)
 - keramika
- **ostatní materiály**
 - polymery (včetně elastik a pěn)
 - kompozity (různé, včetně kovu/keramiky, polymer/keramika, polymer/kov atd.)
 - a další

Každý z materiálů je obvykle charakterizován různými mechanickými vlastnostmi: pevností, houževnatostí, hmotností a tlumícími schopnostmi. Nelze opomenout estetické vlastnosti a pořizovací náklady, které mohou být v případě nejpokročilejších materiálů dosti vysoké. Klíčovým slovem při výrobě sportovních produktů je především optimalizace.

Materiálem dříve hojně využívaným a dnes částečně nahrazeným ve sportovních nářadích je dřevo, které mělo téměř 100% zastoupení ve výrobě sportovního náčiní, a to až do počátku 20. století, kdy se dřevo začalo kombinovat nebo z části nahrazovat kovy. Jeho dominance ve sportu přetrvávala až do začátku 2. světové války, kdy vznikala řada nových umělých materiálů (plasty apod.), které postupem času společně s kompozitními materiály nahrazovaly dřevěné výrobky na trhu. Vznikaly hlavně za účelem snížení hmotnosti, a společně s pevnostními vlastnostmi, zvyšování potenciálu sportovního vybavení a náčiní. Nicméně i přes skutečnost, že se na trhu

objevují levnější a odolnější materiály, dřevo i nadále zůstává v několika ohledech nenahraditelnou částí trhu.

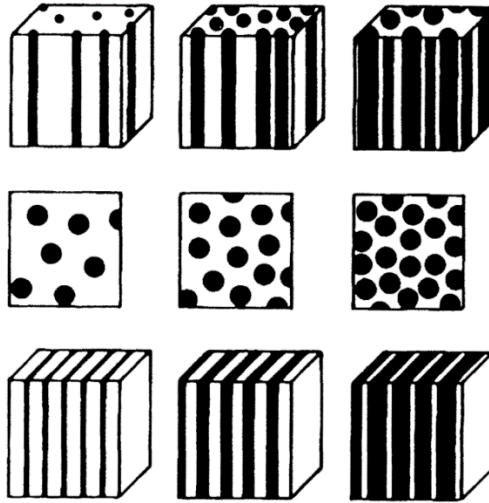
Dřevo je přírodním buněčným materiálem, který svou strukturou a chemickým složením základních stavebních prvků tvoří přírodní kompozitní materiál. Ten se skládá z vrstvených otevřených buněk uspořádaných do jednoho celku. Každá buňka má zhruba podlouhlý dutý šestiúhelníkový tvar, který je svázán stěnami celulózy. Celulóza ve stěnách dřevěných buněk sestává z extrémně jemných vláknitých vrstev, které jsou spolu spojeny do kompozitu suberinem a dalšími látkami. Tato složená buněčná struktura (obr. 1) tvoří strom, je tedy lehká, má vysoký modul pružnosti a je pevná (Easterling 1993, Jenkins 2003).



Obr. 1 Vlákničná struktura dřeva (Easterling 1993)

Pro mnoho výrobků je stále výhodné využívání těchto struktur, které jsou pro výrobce atraktivní především svou optimální kombinací tvrdosti a hmotnosti, zpracovatelností, dostupností a estetickým vzhledem. V mnoha sportovních aktivitách využití dřeva vychází z tradice a celkové etické stránky sportů. Někteří ze sportovců využívají dřevěného náčiní pro jeho optimální a stabilní výkon, který činí hru spravedlivou a veškeré výkony se odvíjí od jejich dovedností, ne od pokročilých možností samotného vybavení.

Možností aplikace dřeva mohou být nejen monolitické konstrukce, ale též kompozitní (obr. 2), kdy se kombinací několika materiálů docílí maximálního využití jejich výhod. V řadě sportů bývá tento typ náčiní využíván vrcholovými sportovci a ceny tohoto typu vybavení patří na trhu mezi vyšší.



Obr. 2 Kompozity sestávající min. ze dvou složek v různých proporcích a tvarech
(Easterling 1993)

Na základě vzrůstajícího trendu výroby šetrnějších výrobků k životnímu prostředí se řada výrobců sportovních potřeb vrací ke tradičním dřevěným konstrukcím se záměrem produkovat ekologičtější a snadno odbouratelný produkt (Easterling 1993, Jenkins 2003).

S ohledem na širokou škálu využití dřeva ve sportovním odvětví, se tato práce zaměřuje na několik vybraných sportů, hrající a sledující davы lidí z celého světa. Tyto sporty jsou pro některé kontinenty natolik specifické a popularita mezi hráči a diváky je natolik vysoká, že je v tomto ohledu zde nelze opomenout.

3 Individuální sporty

V individuálních sportech se vyskytuje řada nástrojů s použitím dřeva, ať už ve více nebo méně důležitých konstrukčních částí jednotlivých výrobků.

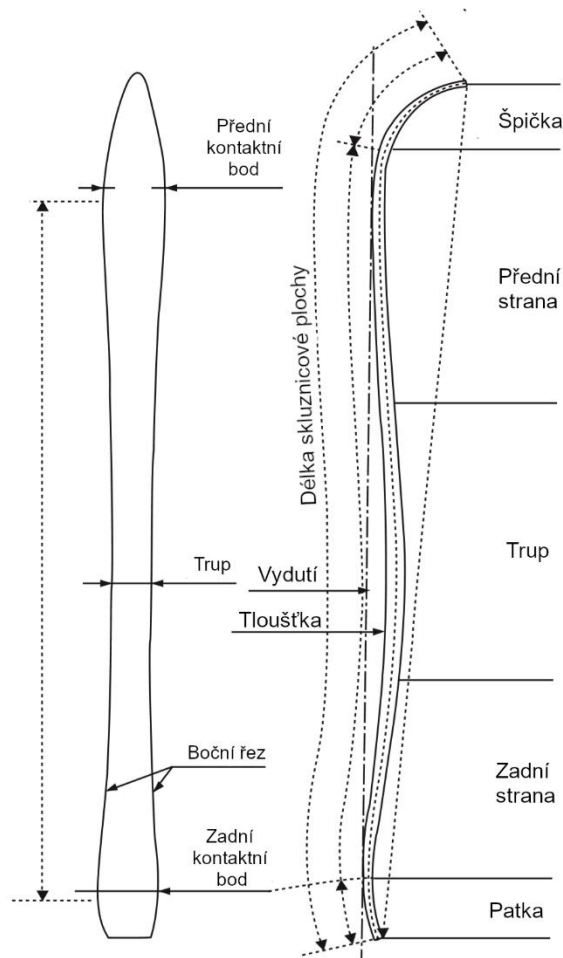
Nadcházející kapitoly pojednávají o dvou masových zimních sportech – lyžování a snowboardingu. Dále práce rozebírá jeden ze světových míčových sportů – tenis. Zde se více zaměříme na vývoj a historii významu použití dřeva v tenisových raketách. Poslední kapitola této části se zabývá surfváním a charakteristikou surfovacích prken. Všechny tyto sporty byly vybrány především pro jejich rozsáhlost, co se hraní a oblíbenosti týče.

3.1 Lyžování

Prvotně se lyže využívaly především jako prostředek k přemístování lidí z místa na místo v horských oblastech s výskytem sněhu. K prvotnímu využití lyží, jakožto sportovního náčiní, docházelo v polovině 19. století, a to převážně v severní Evropě. Kdy se s lyžemi převážně běhalo, jelikož sjíždění svahů bylo s absencí lanovek dosti vyčerpávající. To se změnilo až zavedením vleků roku 1930, kdy se počet jízd jedince za den zvýšil až pětinasobně. Tímto se lyžování stávalo populárnější a přecházelo do běžné činnosti, a to nejprve v Evropě a Severní Americe a později i v dalších zemích světa. Dalšími faktory, které přispěly k rozšíření lyžování, byly média a vynález zasněžovacích zařízení představených koncem 50. let minulého století. Dnes se setkáváme s několika druhy lyžování: alpské, klasické a free stylové (Lund 1996, Allen 2020).

3.1.1 Charakteristika lyží

Lyže představují sportovní vybavení, které v posledních letech prošlo v důsledku vylepšené technologie designu a výroby radikálnějšími změnami. Vývoj materiálů a technologie zpracování a výroby jsou důležitými faktory, které jsou odpovědné za pokrok v designu a výrobě lyží. Lyže vyžadují pevnost a pružnost podél své primární osy a torzní tuhost, aby poskytla stabilní platformu pod nohama. Toho je dosaženo tím, že jsou lyže dlouhé a relativně tenké, s výjimkou zesílené platformy pod vázací plochou. Dále jsou tyto požadavky zajištěny celkovou konstrukcí lyže. Základní konstrukční prvky lyže jsou znázorněny na obr. 3, který zobrazuje klíčové části designu a to: špičku, patku, trup, boční řez a celkový tvar (Casey 2003).



Obr. 3 Základní design moderních sjezdových lyží (Casey 2003)

Z počátku byla geometrie lyží prostá, nazývaná telemarková. Tato klasická geometrie byla v roce 1990 nahrazena carvingovými lyžemi, které dokázaly oživit celý lyžařský sport (Braghin 2016).

Základními konstrukcemi rámu jsou: sendvičová, krabicová a skořepinová konstrukce.

Sendvičová konstrukce

Sendvičové nebo vrstvené lyže (obr. 4a) se vyrábějí vytvářením laminátů nad a pod jádrem, vrstvením několika materiálů. Jednotlivé vrstvy jsou dohromady slepeny epoxidovou pryskyřicí. Tato kompaktní konstrukce umožňuje dobrou stabilitu kolem podélné osy lyže, zároveň je ale méně vhodná v přítomnosti torzních sil.

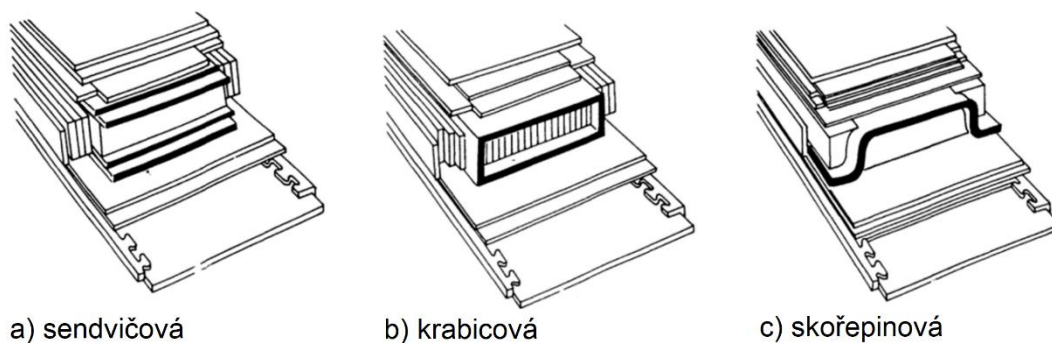
Krabicová konstrukce

Na rozdíl od klasického sendvičového designu se rám sestává z uzavřeného boxu v průřezu lyže, čímž poskytuje vynikající torzní tuhost. Tyto lyže se vyrábějí ovinováním vrstev vláken kolem centrálního jádra (obr. 4b), přičemž se okraje

a základna přidávají později. Celá sestava se potom umístí do vyhřívané formy pro vytvrzení.

Skořepinová konstrukce

Skořepinový rám (obr. 4c) se snaží kombinovat výhody obou výše uvedených konstrukcí. Předpokládá se, že tato konstrukce také umožňuje lepší kontrolu hran, což může být značnou výhodou při slalomovém lyžování.



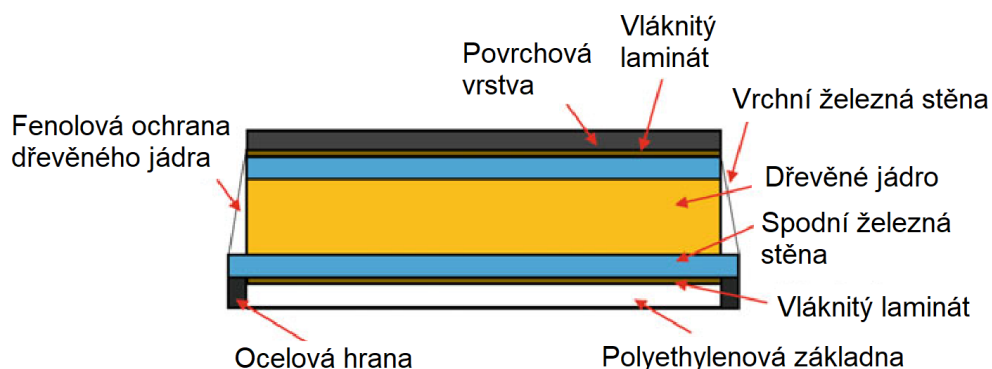
Obr. 4 Techniky výroby sjezdových lyží (Easterling 1993)

Lyže jsou dnes variantami všech tří základních typů a každý má podle svého designu má předpoklad k dosažení určitých jedinečných vlastností (Easterling 1993).

3.1.2 Materiály lyží

V prvních dnech lyžování byla koncepce designu a konstrukce omezeny především dostupností materiálu. Dřevo byla jasná volba, bylo snadno dostupné, jeho vlastnosti a rysy byly celkem dobře pochopeny a obrábění dřeva bylo uznávanou praxí. Dřevo mohlo být ručně nebo strojně obráběno a tvarováno do požadovaného tvaru. Prvním krokem k výraznému zlepšení od monolitické dřevěné konstrukce byl vynález laminovaných lyží na konci roku 1933. V následujících letech bylo pro vyztužení lyžařské struktury použito mnoho různých materiálů: hliník, skleněné vlákno, polyethylen a vznikly první plastové umělohmotné lyže.

V dnešní době jsou lyže tvořeny navrstvením různých materiálů, jako je tomu na obr. 5, spojeny epoxidovou pryskyřicí. Materiály jsou při konstrukci lyží vybírány tak, aby vyhovovaly zavedeným specifikacím, a jsou proto kritickou součástí celkové technologie umožňující vysoký výkon zařízení. Zlepšení výkonu vybavení mělo obrovský dopad na celý lyžařský průmysl a ovlivnilo v podstatě všechny aspekty lyžování (Casey 2003, Braghin 2016).



Obr. 5 Schéma moderních laminovaných lyží (Braghin 2016)

3.1.2.1 Jádro

Jádro je centrální strukturou lyží, jež tvoří 70 až 80 % objemu lyže. Tento základní prvek určuje až z 15 % vlastnosti lyže. Určuje manévrovatelnost, přilnavost, tvrdost, hmotnost a v neposlední řadě cenu lyží (Weissshäutl 1995, SnowTrex 2020).

Dřevo

Buněčná struktura dřeva poskytující (v nepřítomnosti vlhkosti) vlastnosti nízké hustoty a vysoké pevnosti. Specifický modul (modul/hustota) dřeva je srovnatelný s ocelí, hliníkem a titanem. z tohoto důvodu bylo dřevo (a nadále zůstává) důležitou volbou pro konstrukci lyží, kde důležitými kritérii jsou hmotnost, pevnost a pružnost. Navzdory svým zjevným výhodám má dřevo některé vážné negativní vlastnosti. Kam patří jeho anizotropní charakter, nízká pevnost v torzním režimu, citlivost na vlhkost, kterou snadno absorbuje, což zvyšuje jeho hmotnost a má za následek zakřivení a deformaci (Casey 2003).

Z počátku byly lyže tvarovány pomocí parního ohřevu a deformace byla neustálým problémem. Byla vyvinuta metoda suchého žáru pro tvarování lyží z ořechovce, umožňující výrobu tenčí a pružnější lyže. Dřevěné základny jsou měkké a snadno poškoditelné, proto bylo přidáno ošetření lakem a voskem, aby se zlepšila trvanlivost, a aby se zabránilo přilepování a hromadění sněhu na pojezdové ploše. Dřívější lyže z ořechovce byly těžké a obtížně ovladatelné, skluz a trvanlivost byly omezené a deformace a strukturální poruchy byly běžné. Trvalo mnoho let a vytrvalého úsilí, než se přešlo od tradičních monolitických dřevěných konstrukcí do dnešních konstrukcí, kdy se při výrobě používá kolem 30 vrstev materiálů, které dohromady tvoří laminátovou konstrukci (Casey 2003).

Dřevěné jádro se vyrábí z proužků dřeva vedených po celé délce lyží. Každý výrobce používá odlišné, většinou individuální složení a neustále zkouší nové lamináty různých tenkých vrstev dřeva (SnowTrex 2020). Často se můžeme setkat s kombinací

měkkých a tvrdých dřevin, což vede k získání rovnováhy mezi houževnatostí a hmotností. Mezi nejčastější dřeviny patří jasan, buk, akát, bambus, které jsou považovány za tvrdé dřeviny. Z lehkých materiálů jsou to topol, osika, jedle, smrk, cedr. Další volbou může být využití extrémně lehkých dřevin paulovnie a balsy.

Jasan je považován za tradiční dřevinu ve výrobě jader, především díky svým fyzikálním vlastnostem (pevnost, pružnost). Podobnými vlastnostmi dále disponují např. buk a javor (Božák 2015). Dále pak současný materiál, jako je bambus, je vynikajícím prostředkem k vyztužení strukturálních vrstev. Disponuje výbornou pevností v tahu a dokáže vyrůst až o 90-150 cm za den, což z něj činí jeden z nejvíce dostupných materiálů šetrných k životnímu prostředí (snowboard-asylum.com 2016, Meier 2020). Nejlehčí dřeviny paulovnie a balsa jsou atraktivní pro svou pružnost a výbornou pevnost při nízké hmotnosti. Zároveň ale vyžadují větší podporu od kompozitních vrstev, jejichž výrobní proces je náročnější a dražší.

Lyže se dřevěným jádrem jsou obecně považovány za kvalitnější, odolnější a s ohledem na rychlost výkonnější. Zároveň má dřevěné jádro skvělou tlumící funkci. U levnějších lyží se můžeme setkat s opěněným dřevěným jádrem, čímž se využijí předností obou materiálů (Božák 2015, Lázňovský 2018).

Ostatní materiály jader

Pro výrobu samotného jádra nebo pro doplnění toho dřevěného, lze použít i mnoho dalších materiálů. Alternativní variantou jader jsou kompozitní struktury. Např. voštinové, které jsou žádoucí svým poměrem tuhosti a nízké hmotnosti. Mohou být z hliníku, titanové fólie nebo dokonce z papíru. Hliníkové voštiny jsou drahou záležitostí a kovové se převážně ošetřují inhibitory koroze. Další variantou jsou pěnová jádra, která jsou velmi lehká, levná a nenáročná na výrobu. Nejčastěji se setkáváme s polyuretanovými nebo akrylovými pěny. Pěnová jádra vyžadují více výztuhy pro zlepšení jejich pružnosti. Pěnová jádra mají oproti těm dřevěným větší sklony k rychlejší degradaci. Lyže obsahující pěnu jsou vhodnější pro nenáročného lyžaře. Na rozdíl od dřevěných se lépe ovládají a odpouští více chyb. Na svahu mají tendenci spíše zpomalovat, absorbují více energie, tudíž nejsou vhodné pro rychlostní závody (Easterling 1993, Lázňovský 2018, mechanicsofsport.com 2020).

3.1.2.2 Ostatní části

Dalšími materiály doplňující jádro jsou uhlíková, skleněná vlákna, kevlar, nebo dokonce lněná vlákna, která vyztužují jádro, pomáhají s přenosem sil od středu ke koncům lyže. Směr vláken těchto materiálů zpravidla určuje velkou část vlastností (Božák 2015). Vlastnosti jednotlivých materiálů jsou shrnuty v tab.1.

Tab. 1 Vlastnosti vysokopevnostních vláken (Lind a Sanders 2010)

Vláknno	Hustota [g/cm ³]	Modul tažnosti [GPa]	Specifický modul [GPa]	Pevnost v tahu [GPa]	Kč/kg
<u>Kovové</u>					
Tvrzená ocel	7,85	206,8	26,2	2	
Hliníková slitina	2,75	71,7	26,2	0,5	180
Hliník–hořčík–titan	2,75	71,7	26,2	0,6	230
<u>Organické</u>					
Uhlík	1,66	228–379	137,9–227,5	2,4–3,1	922
Aramid	1,44	68,9–172,4	48,3–117,2	2,7	563
Polyethylene	0,97	117,2–172,4	124,1–179,3	2,6–3	1024
<u>Keramické</u>					
Skleněné vlákno	2,5	89,6	34,5	3,4–4,6	153
Hliník–boritan–silikon	2,85	151,6–227,5	55,2–82,7	1,5–2,1	3328

Vysoce výkonné lyže vyžadují takové materiály, které prodlužují jejich životnost a tlumí vibrace. Toho je docíleno přidáním viskoelastických tlumících vrstev, které omezují šíření rezonance v celé jejich délce. Tab. 2 uvádí vlastnosti některých běžných materiálů používaných k tlumení vibrací v lyžích. Ty se nejčastěji vyskytují ve formě bočnic, horních vrstev a výplní.

Základna běžně vyráběna z UHMW (ultra-vysokomolekulární polyethylen) představuje vysokou hustotu, vysokou rázovou pevnost, vysokou otěruvzdornost. Do tohoto chemicky odolného plastu se přidává grafit, který rozptyluje náboje a snižuje tření, čímž se rychlost lyže zvyšuje. Zároveň má vynikající schopnost absorbovat vosk (Lind a Sanders 2010, Thomas 2013).

V poslední řadě jsou lyže doplněny o kovové hrany. Okraje z nerezové oceli obléhající celý obvod, poskytují pevný okraj pro kontrolu lyží nad sněhem a ledem. Hrany mají průřez ve tvaru písmene „L“ a jsou drženy pomocí vložek ve tvaru „T“, který je vsazen mezi bočnici, spodní výztužnou vrstvu a základnu (mechanicsofsport.com 2020).

Tab. 2 Vlastnosti viskoelastických materiálů používaných pro tlumení vibrací (Lind a Sanders 2010)

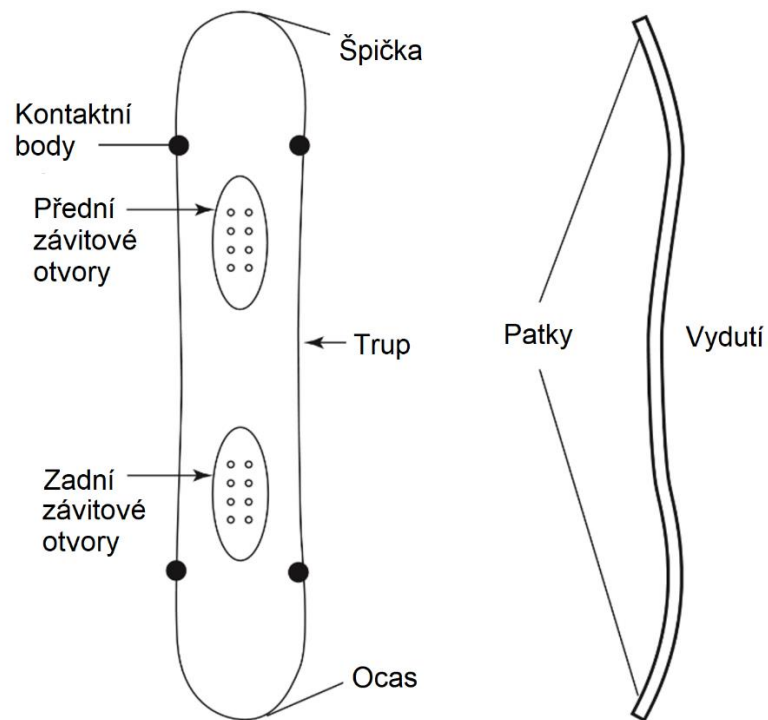
Název	Hustota [g/cm ³]	Pevnost v ohybu [MPa]	Použití
Termoplastické			
ABS	1,04	2 137	Vrchní vrstvy a bočnice
Nylon 12	1,02	1 241	Vrchní vrstvy legované s ABS
UHMW polyethylen	0,93	827	Základny
Elastomery			
Uretany	1,18	5,5	Výplně, vrchní vrstvy, ochrany patek
Polyamidy	1,01	3,9	Výplně, ochrany patek
Termosety			
Epoxidová pryskyřice	1,16	2 758	Sklolaminátové a uhlíkové matrice

3.2 Snowboarding

Snowboarding je jednou z nejrychleji rostoucích sportovních a volnočasových aktivit na světě. Mezi základní vybavení snowboardingu patří měkké boty a vázání, které je součástí snowboardu. V důsledku růstu nadšenců se trh snowboardingového vybavení výrazně rozšiřuje. Snowboarding, který byl původně zakázán lyžařskými středisky, byl jako alternativa k lyžování akceptován postupně, a to od jeho vzniku v 70. letech až do poloviny 90. let. Nicméně, kvůli jeho rychlému nárůstu popularity se za poslední desetiletí snížil počet lyžařů o 25 %. Dokonce bylo předvídáno, že do roku 2015 počet snowboardistů předčí celkový počet lyžařů. Moderní sport snowboardingu se vyvíjel v 60. letech původně ze surfování a skateboardingu a rychle získal vysoké postavení související s těmito dvěma sporty. Moderní snowboardy jsou nyní výrazně tužší, lehčí a silnější než jejich předchůdci, což umožňuje dosáhnout vyšší úrovně výkonu napříč všemi styly jízdy (Ross 2008, Clifton et al. 2013).

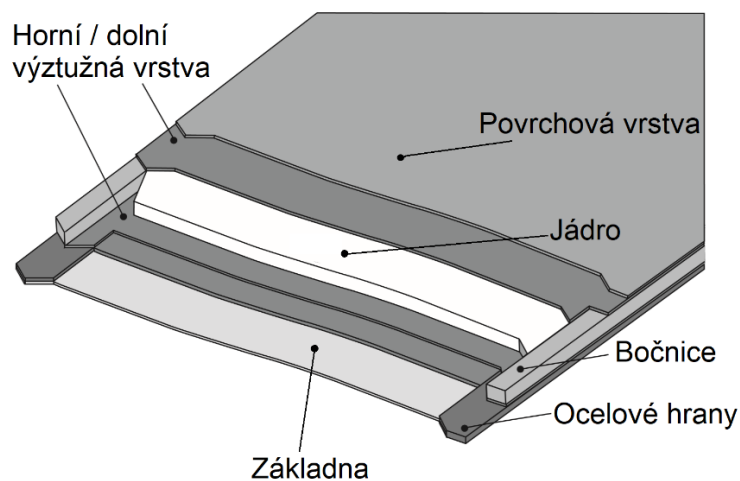
3.2.1 Charakteristika snowboardu

Snowboard je tenká vícevrstvá kompozitní struktura. Obecně zahrnuje protilehlé okraje paty a špičky. Šířka desky se obvykle zužuje od špičky a ocasu směrem ke střední oblasti desky (trupu), což ukončení záběru a uchopení okrajů. Konstruktivními prvky, které jsou společné pro všechny typy snowboardů jsou na obr. 6.



Obr. 6 Základní design snowboardu (Subic a Kovacs 2007)

Základní struktura snowboardu je obdobná jako u lyží. Deska obecně zahrnuje několika vrstev – jádro, horní a spodní výztužné vrstvy, horní kosmetickou vrstvu a spodní skluznicovou plochu (základnu). Dále je deska doplněna o ocelové hrany a bočnice. Jednotlivé uspořádání vrstev je znázorněné na obr. 7 (Subic a Kovacs 2007).



Obr. 7 Sendvičové struktura snowboardu (Subic a Kovacs 2007)

Existují dva základní typy technik výroby snowboardu, sendvičová konstrukce a cap konstrukce (viz obr. 8).

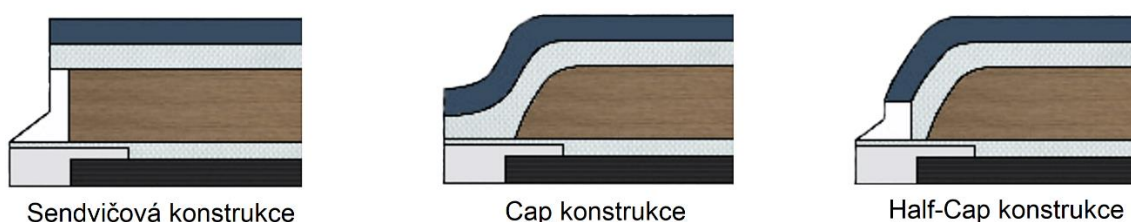
Sendvičová konstrukce

Zde je každá vrstva snowboardu položena naplocho a po stranách jsou vyplněny plastovými bočnicemi, které odolávají teplotě a nárazům. Tento design vyžaduje použití více materiálů, čímž vznikají desky větší hmotnosti. Zároveň sendvičová konstrukce dobře přenáší tlak na hrany.

Cap konstrukce

Kde svrchní vrstvy ze skelných vláken jsou vedeny přes jádro k okrajům, kde se okraj utěsňuje a vytvoří zaoblený profil. Díky této konstrukci je deska o něco lehčí a poskytuje celkovou ochranu jádra před vnějšími vlivy. Kompletním uzavřením jádra, ale vzniká možnost prasknutí při větším namáhání patek. Dnes se s tímto typem setkáme jen výjimečně.

Další technikou je tzv. **Half-Cap** konstrukce, kde výztužná sklolaminátová vrstva přechází přes jádro a vrchní vrstva přechází částečně, až se nakonec spojí s bočnicemi. Bočnice zde nejsou po celé délce desky, jelikož se po okrajích uzavírají a přechází tím do Cap typu. Tato konstrukce zajišťuje dobrý přenos tlaku na okraje a je vcelku lehká (Subic a Kovacs 2007, nasvah.cz 2016, mechanicsofsport.com 2020).



Obr. 8 Techniky výroby snowboardu (mechanicsofsport.com 2020)

3.2.2 Materiály snowboardů

Jelikož je snowboard relativně novou věcí, neprošel až tak rozsáhlým technologickým vývojem. Prvním prknem, který byl použit ke sjíždění svahu, bylo v podstatě plastové prkno nazývané „Snurfer“ (obr. 9), jehož cena se pohybovala kolem 15 amerických dolarů. Snurfery spíše připomínaly sáňky, bez prohnutí či vázání. Až na počátku 80. let 20. století se začalo využívat podobných technologií jako u lyží a design těchto snowboardů byl doplněn o vázání a řádnou pevnou obuví (Free The Powder Gloves 2020).



Obr. 9 Forma snowboardu na počátku 70. let 20. století (Free The Powder Gloves. 2020)

3.2.2.1 Jádru

Stejně jako je tomu u lyží, se pro výrobu jader zachovalo použití dřeva. Výroba dřevěných jader se provádí obdobně jako u lyží, kdy je jádro vyrobeno z laminovaných proužků dřeva, které jsou spojeny pryskyřicí a průmyslovými lepidly a dále vloženy do lisu. Taktéž se využívá kombinací měkkých a tvrdých dřevin, pro vytvoření síly, ohybu a určité hmotnosti v částech, kde jsou potřeba pro vytvoření specifických vlastností. To stejné platí pro směr dřevních vláken, které lze kombinovat (obr. 10). Využití dřevin je taktéž obdobné jako u lyží (Subic a Kovacs 2007, Thomas 2013, nasvah.cz 2016).



Obr. 10 Jádro s průběhem dřevních vláken v různých směrech (snowboard-asylum.com 2016)

3.2.2.2 Ostatní části

Co se týče ostatních materiálů, také se také používají buď jako samotné jádro nebo jeho doplnění. Zastoupení umělých materiálů se podobá jako při výrobě lyží. S výjimkou toho že se umělé pěny často nevyužívají jako samostatná jádra, ale spíše jako výplň částí s menším zatížením. Přece jenom je plocha jádra u snowboardu větší, než je tomu u lyží a pěna je v tomto případě nedostačujícím materiálem.

Pro hrany, povrchové a výztužné vrstvy se používají obdobné materiály nacházející se v kapitole lyžařských materiálů (Subic a Kovacs 2007, Thomas 2013, mechanicsofsport.com 2020).

3.3 Tenis

Tenis, spolu s badmintonem, squashem a stolním tenisem, patří mezi raketové sporty, které jsou zároveň nejrychleji se rozvíjejícími aktivitami ve volném čase (Ross 2008). Podle prvních záznamů, které sahají až do 12. století, byl tenis odvozen od francouzské hry s názvem „jeu de paume“, kdy byl tenis hrán pouze holou dlaní. Následně v 16. století se vyvíjely rukavice, pátky a jiné prvky, kterými bylo možné odpalovat míč. Ty se používaly do té doby, než se vyvinula první dřevěná konstrukce s výplety. Na rozdíl od současnosti, kdy je tenis hrán na různých površích, byl ten prvotní původně hráván na travnatých kurtech. Oficiálně je za rok vzniku moderního tenisu považovaný rok 1973, kdy byla vydána první kniha pravidel a rok poté byl vydán patent na tuto hru. Moderní tenisová hra vzestupovala až na konci 60. let 20. století, kdy byla hlavní mistrovství otevřena profesionálům i amatérům. K následnému rozmachu přispělo také několik technologických pokroků, kdy se měnily materiály a konstrukce raket a došlo k inovacím tenisových oděvů (Lammer a Kotze 2003, Bruce a Lorge 2020).

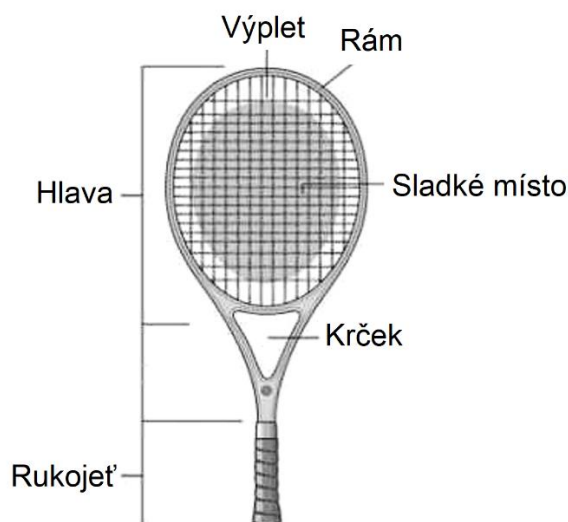
3.3.1 Charakteristika raket

Stejně tak jako u mnoha jiných sportů, se pokroky v technologiích promítly i do světa tenisu. Klíčovým pokrokem byla změna materiálu, která nadále ovlivnila velikost, tvar a hmotnost rakety a s tím i celkový výrobní proces. Až do poloviny 19. století převládaly tenisové rakety ze dřeva. V současné době je k dispozici obrovská řada raket, vyrobených pomocí umělých materiálů. Řadu z nich si představíme v následujících kapitolách (Lammer a Kotze 2003).

Dnešní podoba tenisových raket je ve směs u všech výrobců totožná. Sestává se z několika částí jako jsou:

- **Hlava** – oblast sloužící k odpalu míčků.
- **Rám** – vnější část hlavy, ve které je zasazen výplet.
- **Výplet** – vnitřní část hlavy, která vždy obsahuje sladké místo (oblast, ve které struny vytvářejí největší sílu, za co nejmenší úsilí).
- **Krček** – otevřená část rakety, která stabilizuje hlavu rakety.
- **Rukojeť** – konečná část rakety, za kterou se raketa drží.

Všechny složky tenisové rakety a jejich umístění je znázorněno na obr. 11.



Obr. 11 Základní design tenisové rakety (John Wiley & Sons Inc. 2020)

3.3.2 Materiály konstrukčních prvků

Během historie hry bylo experimentováno s různými materiály, avšak na návrhy mělo trvalý vliv jen několik konceptů materiálů.

Stejně jako u většiny ostatních produktů, i tento cyklus začal dřevem, což doposud mělo na designy trvalý dopad. Až o několik set let později začali výrobci experimentovat s kovy. Kovy nikdy nedokázaly dominovat na trhu, až nakonec byly nahrazeny kompozitními materiály. Dnes je většina raket složena z kompozitního rámu na bázi uhlíkových vláken kombinovaného s dalšími materiály, které zvyšují specifické konstrukční záměry (Lammer a Kotze 2003).

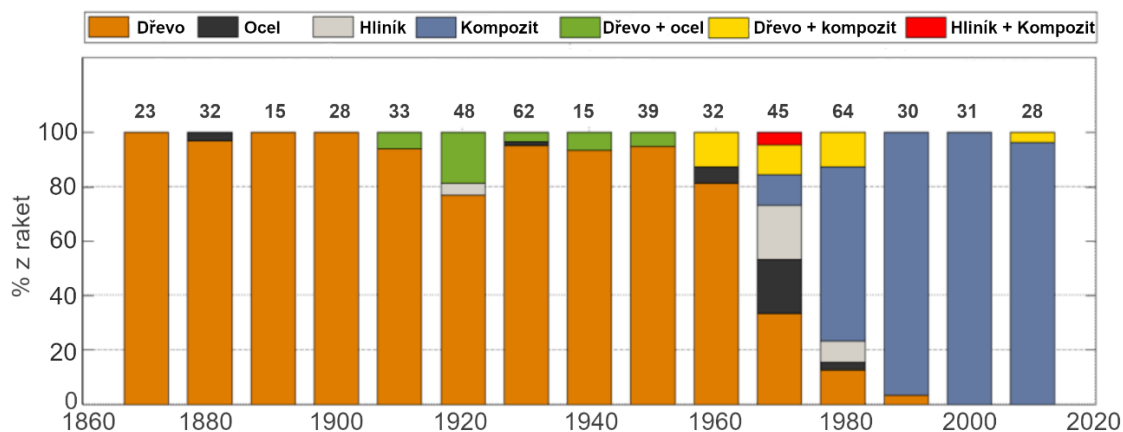
3.3.2.1 Rám

Dřevo

Dřevěné rakety jsou nyní spíše pro sběratele a většinu zachovaných najdeme v muzeích. První byla zavedena technologie rakety, kdy se rám skládal z jednoho kusu jasanového dřeva (Ross 2008). Ten se pečlivě napařil, což jej činilo plastickým, a v horkém stavu se ohýbal do požadovaného kruhového nebo oválného tvaru. Zpočátku byly tyto rakety v oblasti hrdla velmi slabé. Tyto nedostatky byly vyřešeny obalením krčku nebo jiných kritických oblastí plátnem nebo velínem (též známý jako pergamen). Dalším problémem nastával při vystavení rakety vlhku, jelikož posléze docházelo ke zkroucení rámu. To bylo redukováno použitím ořechovce a kovových proužků k zesílení krčku (Lammer a Kotze 2003).

Další pokrok byl ve 30. letech 20. století, kdy byl vyvinuté laminované rámy sestávající z uspořádání až jedenácti vrstev v různých směrech. Vrstvené konstrukce byly vyvinuty, aby lépe zvládaly vysoké nárazové síly, se kterými se při tenisu a squashi setkáváme. Krom toho se začaly využívat i jiné dřeviny jako např. buk, javor, vrba africká, mahagon a habr, kdy se vrstvením využívala kombinace sil více materiálů. Například ořechovec byl situován ve vnější vrstvě; buk a mahagon pro krčky a vrba africká jako lehká výplň rukojetí (Lammer a Kotze 2003, International Tennis Federation 2019, Taraborrelli et al. 2019).

Kompozity se poprvé objevily v raketách od šedesátých let (dřevo + kompozit) hlavně jako výztuž na dřevěném rámu, přičemž dřevo zůstalo jako běžný materiál. V 70. letech 20. století technici experimentovali s kompozity z oceli, hliníku a FRP (fibre reinforced polymers), které jsou silnější než dřevo a v té době umožňovali provedení raket s větší hlavou. Dřevěné rakety tvořily zhruba třetinu raket ze sedmdesátých let a stále existovaly příklady dřevěných rámu s kompozitním vyztužením. Nadále v 80. letech 20. století počet kompozitních raket vzrostl (64 %), zatímco podíl dřevěných (13 %) a kovových (11 %) raket klesal, což můžeme vidět i na obr. 12. V 80. letech kompozity překonaly dřevo, jako běžného materiálu pro rakety, čímž poskytly inženýrům větší svobodu ve tvarech a zároveň tím končí éra dřeva v tenisu.



Obr. 12 Procento raket každého materiálu za dané desetiletí (Taraborrelli 2019).

Dřevo bylo nahrazeno jinými materiály kvůli řadě nevýhod:

- Nestabilita a deformace, ve vlhkém prostředí
- Přírodní vady oslabují materiál nebo vyžadují nákladnou kontrolu kvality
- Nízká mez pevnosti a únava způsobuje kolaps při vysokém nárazu a napnutí výpletu
- Obtížnost výroby lehkých a dutých tenkostěnných rámu

-
- Relativně slabé mechanické spojení a omezené konstrukční variace (Lammer a Kotze 2003)

Kovy

Během počátku 19. století se na scéně začaly objevovat kovové rámy, ale teprve na konci šedesátých let to opravdu udělalo znatelný dojem. Hliník, vytvořený ve tvaru trubkovitého profilu, byl prvním materiálem, který následoval tradiční dřevěné konstrukce (plné nebo vrstvené). Hlavní výhodou kovů oproti dřevu byla vyšší smyková a únavová pevnost a schopnost vyrábět složité rámy větších velikostí, které vydržely vysoké nárazové síly. Rámy původně sestávaly z pevných a později dutých profilů, což vedlo k ještě silnějším a lehčím ráům. Testy však odhalily, že hliníkové rakety vykazovaly plastickou (nevratnou) deformaci a značnou ztrátu tuhosti po přibližně 6000 nárazech. Brzy začalo být jasné, že množství vlastností potřebných pro tenis, squash nebo badminton nemůže být splněno jediným materiálem. Jedinou slitinou, která se dnes v rámech používá je slitina 6061, která je podrobena tepelnému zpracování, aby vykazovala dostatečnou pevnost. Používá se především pro nízkonákladové raketové plnění a drží významné postavení na trhu (Lammer a Kotze 2003, Taraborrelli et al. 2019).

Kompozity

V současné době je k dispozici celá řada druhů kompozitních raket a většina z nich používá nejnovější kompozitní materiály. Kompozity jsou buďto z vláken velmi pevných materiálů (grafit, sklo, bor, keramika), nebo z laminovaných materiálů s jedinečnými vlastnostmi, jako je dřevo, sklo, hliník. Současné procesy umožňují zlepšovat vlastnosti materiálu, pokud jde o pružnost, strukturální pevnost, hmotnost atd. Kromě toho, vzhledem k pevnosti materiálu, mohou být vlákna orientována tak, aby poskytla pevnost a tuhost v jednom směru a poskytla určitou flexibilitu ve směru jiném. Grafitové nebo uhlíkové rakety sestávají hlavně z uhlíkových nebo grafitových vláken, které vyztužují kompozity s epoxidovou matricí. Zatímco kevlar a skleněná vlákna se v některých raketách používají jen v malém rozsahu. Termoplasty se navíc používají hlavně jako matrice ve formě polyamidu (Lammer a Kotze 2003). Postupným vývojem materiálů docházelo během několika desetiletí nejen ke změnám materiálu, ale i k vylepšování konstrukcí (obr. 13). Ve srovnání s tradiční dřevěnou raketou, má moderní raketa s kompozitním rámem o 40 % větší hlavu, je třikrát tužší a je o 30 % lehčí (Ross 2008).



Obr. 13 Tenisových raket y znázorňující vývoj v čase (Taraborrelli 2019).

3.3.2.2 Speciální části

S vývojem rámu se každým přibývajícím rokem posouvala hranice dále a příslušenství se stává propracovanější, a to za účelem pomoci zlepšit výkon hráčů jakýmkoliv možným způsobem.

3.3.2.3 Rukojeť

Rukojeť samotná je často vyrobena z polyuretanové pěny, vstřikovaná nebo přilepená k rukojeti po procesu formování. Pěna zlepšuje tlumení vibrací a poskytuje nákladově efektivní řešení pro výrobu raket s různými velikostmi úchopů. Mnoho výrobců také začleňuje formu elastomeru jako jádro držadla a izoluje jej od zbytku rámu k tlumení nárazů. Zakončení rukojeti tzv. „Butt end cap“ se obvykle vyrábí jako vstřikované díly z různých termoplastů

Součástí rukojeti je tzv. „grip“, což je rozhraní mezi raketou a hráčem, a proto má velmi důležitou roli jako poslední hranice ovlivňující vnímání hráče odpalu. Účelem je minimalizovat otřesy a vibrace převedené na hráče a zajistit pevné uchopení tak, aby raketa neklouzala z ruky, obzvláště když jsou mokré od pocení. První dřevěné rakety se spoléhaly na tvar a povrchovou strukturu pro pevné uchopení, a zároveň vlastnosti dřeva zajišťovaly dobré tlumení vibrací. Často se na vnější stranu rukojeti pro zlepšení úchopu připevňovaly měkčí proužky dřeva. Brzy poté byly zavedeny rukojeti celokožené, dnes ne moc populární. Kožené rukojeti byly nahrazeny většinou sofistikovaných materiálů, jako jsou kaučuky, polyuretany a polyestery. Většina současných úchopů sestává z kombinace těchto materiálů. Polyuretanová vnější vrstva poskytuje tlumení nárazů a pevné uchopení a bývá perforována pro směrování potu do další polyesterové plstěné vrstvy, kde je absorbován. Mnoho hráčů používá tzv. „over-grips“ vyrobené z tenkého polyuretanu, jež jsou dočasně aplikovány na rukojeť. Jsou levnější a lze je pravidelně měnit (Lammer a Kotze 2003).

3.3.2.4 Průchodky

Tradičně byly průchodky pouze otvory vyvrtané rámem rakety, pro připojení provázku k rámu, ale s vývojem kovových rámu bylo nutné mít pro výplet nějakou formu ochrany proti oděru. Později, se zavedením tenkostěnných kompozitních rámu, se nutnost průchodek navyšovala, jelikož zabraňovaly výpletu prorazit tenké uhlíkové stěny pod vysokým napětím. Další funkce byla dodána přidáním nárazového prvku na vnější špičku rakety, sloužící k ochraně rámu proti oděru při kontaktu se zemí. Výrobci použili průchodky k lepšímu pružení a tlumení vibrací výpletu, a aby sloužily při nárazu jako pružina. Tyto multifunkční průchodky (obr. 14) vyžadují velmi houževnatý, ale flexibilní materiál, který lze vyrobit podle velmi přesných specifikací pro jejich dokonalé uložení do otvorů rámu. Průchodky musí být zasazeny tak, aby bylo na jedné straně zajištěno, že nevypadnou, a na druhé straně tak, aby nebylo příliš obtížné je opravit. Materiály, které jsou pro tento účel nejvhodnější, jsou polyamidy, jako je PA 11 nebo PA 6 (Lammer a Kotze 2003).



Obr. 14 Set průchodek s tlumícími a nárazovými prvky (Tennis-Point GmbH 2020).

3.4 Surfování

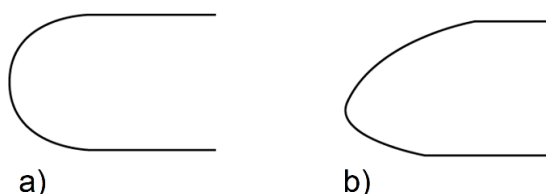
Surfing je jedním z vodních sportů, kdy se surfař pomocí prkna snaží zachytit vlnu, na níž je nesel směrem k pobřeží. Prkno původně sloužilo jako užitečný způsob dopravy, ze kterého se časem stala zábavná činnost. Předpokládá se, že sport jako takový vznikl na Havaji, kde má surfování bohatou tradici. Surfování je pro mnohé nejen zábava, ale mnozí to označují za životní styl. Surfování se také chytlo na západním pobřeží Spojených států. Inovace v designu desek a větší veřejná expozice vedly k explozi kultury surfování na několika různých místech. Havaj, Austrálie a Kalifornie se ukázaly jako surfující ráje pro ty, který se tomuto sportu nebo životnímu stylu chtěli věnovat. Kultura surfování opravdu vzlétla v 60. letech 20. století, kdy tento sport poutal pozornost mnoha lidí, rozvíjely se soutěže a budovala se profesionální surfařská komunita. Tento trend přetrvává až do dnes (Schilling 2009, Richardson 2020).

3.4.1 Charakteristik a surfovacího prkna

Surfovací prkno je pro mnoho surfařů velmi speciální prostředek, někteří ho označují jako spojení mezi člověkem a přírodou. Ranné surfovací prkna byly jen velkorozměrné dřevěné desky délek až 6 metrů. Tyto ploché desky se ovládaly jen s velkou obtížností. Nadále přicházelo několik konstrukčních inovací. Roku 1930 přišel návrh na výrobu duté konstrukce pro snížení hmotnosti. Významnější inovace přicházely až se zdokonalováním materiálů, které otevřely brány konstrukčních možností. Od té doby vznikaly řady modelů, které se po letech úprav podobají těm dnešním. Dnešní surfovací prkna splňují veškeré požadavky na vlastnosti, jimiž jsou: hmotnost, pevnost, rychlost, stabilita, voděodolnost a ovladatelnost (Feldmann 2020, surfscience.com 2020).

Specifické vlastnosti jsou určeny provedením jednotlivých konstrukčních prvků, kterými jsou:

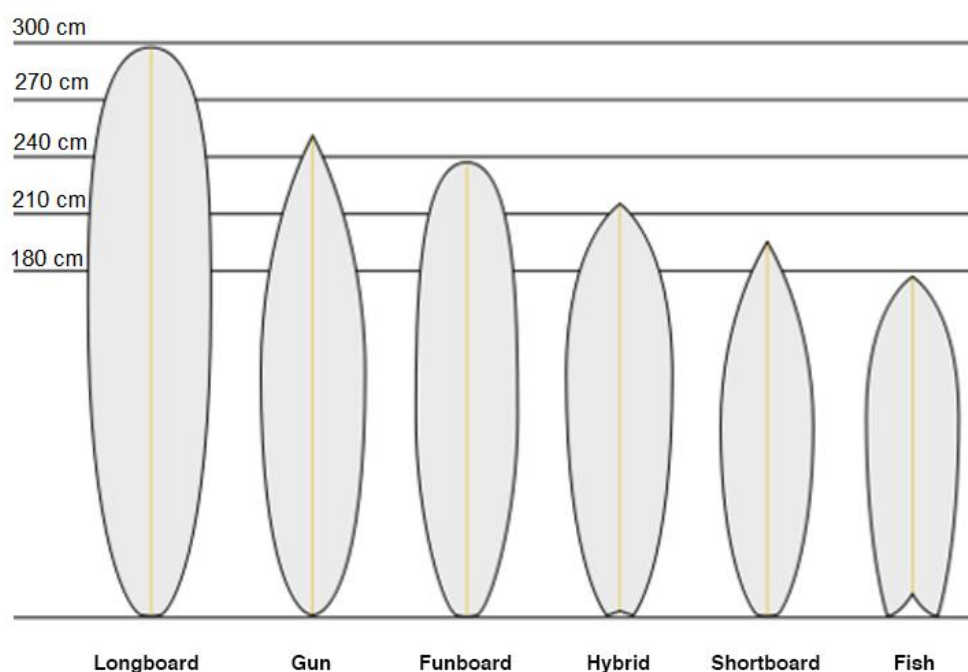
- **Nos** – přední konec prkna. Tvar bude mít vliv na vstup do vlny a schopnosti pádlování.
- **Ocas** – zadní konec, jeho design výrazně ovlivňuje výkonnost hotového výrobku. Existuje několik druhů tvarového zakončení. Každý tvar dodává surfovému prknu specifické vlastnosti.
- **Zakřivení** – míra zakřivení v bočním pohledu. Účelem je přizpůsobení se spodní plochy desky vlnitému povrchu hladiny. Stupeň zakřivení má vliv především na schopnost zatáčení desky.
- **Hrany** – vnější okraje surfovacího prkna. Jsou silnější v blízkosti středu desky a užší směrem k nosu a ocasu. V závislosti na tvaru pomáhají odvádět vodu a nabírat rychlost. Zpravidla se vyrábějí dva typy hran: měkké a tvrdé. Měkké hrany (obr. 15a) jsou zaoblené, přechod z vrchní části desky na spodní je velmi plynulý. Tvrdé hrany (obr. 15b) mají větší sklon předcházející do ostřejší hrany v místě spodní plochy desky.



Obr. 15 Druhy hran surfů (boardcave.com 2015)

- **Ploutve** – výběžky situované na spodní části ocasu, které zajišťují, aby se prkno pohybovalo vpřed. Diktují směr, tvoří celkový výkon a drží prkno na vlně. Instalují se od jedné ploutve až po výjimečnou pěťici ploutví.
- **Spodní plocha** – plocha v kontaktu s povrchem vody. Přispívá k rychlosti, schopnosti otáčení během jízdy. Po této ploše je voda vedena do oblastí ploutví a jízda je hladká a ovladatelná.
- **Vrchní plocha** – též nazývaná paluba, je částí kde stojí nebo leží surfař. Konstrukce paluby se často odvíjí od tvaru hran. Je vyráběna od plochých až po kupolovité tvary (surfscience.com 2020).

Surfovací prkna jsou navržena tak, aby nejvíce vyhovovaly koncovému uživateli, je tedy potřeba vytvořit prkno, které bude fungovat ve specifických podmínkách a odpovídat úrovni surfařových dovedností. Pro splnění specifických požadavků si uživatelé mohou vybrat mezi několika druhy: shortboard, longboard, funboard, fish, gun, hybrid a dalších. Každý z uvedených druhů je přizpůsoben pro jiný styl jízdy, kdy se zásadně liší svým tvarem a velikostí (obr. 16) (surfscience.com 2020).



Obr. 16 Druhy surfovacích prken (surfsupwarehouse.com 2020)

3.4.2 Materiály surfařských prken

Přírodní materiály – především dřevo – byly základními konstrukčními materiály surfových prken. Rozvoj materiálů v období 2. světové války měl významný dopad na svět surfboardingu. Začalo se využívat více chemikálií a umělých hmot. Vznikaly

sendvičové desky s pěnovými jádry, jež byly mnohem lehčí a ovladatelnější. Jejich výroba byla levná, rychlá a materiály lépe dostupné. Dnes se na trhu můžeme setkat se třemi typy konstrukcí: tradiční konstrukce, tradiční sendvič a moderní sendvič. S tradičními konstrukcemi přichází na trh především řemeslníci a nezávislí umělci. Najdeme také několik prototypů navrhovaných z korku, skla, papíru, lepenky a recyklovaných plastů. Přestože 21. století přichází s více sofistikovanějšími, ekologickými materiály a komponenty, zůstávají prkna z polyuretanu a skleněných vláken nejoblíbenějšími (Marcus et al. 2010, SurferToday.com 2020).

Dřevo

Prastaré dřevěné surfy byly jen obyčejnou plochou deskou z tvrdého a těžkého dřeva (obr. 17). Před rokem 1900 byly nejvíce využívanými druhy: dřevina koa (havajský druh akácie), dřevo chlebovníku a wiliwili. V této době byla jejich konstrukce spojena s mnoha náboženskými rituály a dlouhými, pracnými procesy výroby. Aby deska odolávala přírodním vlivům, využívali všemožných plodů přírody k vylepšení vlastností a úpravě povrchu. Např. využívali sazí k leštění, výhonků rostlin, šťáv z banánů a ořechových olejů. Později se do procesu výroby zařadilo ponechání surfu v hlíně, která ucpávala póry dřeva. Pro zvýšení trvanlivosti taktéž nechávali prkna schnout na slunci nebo byla sušena pomocí textilií.



Obr. 17 Havajské surfařské prkno datováno 1895–1900 (Marcus et al. 2010)

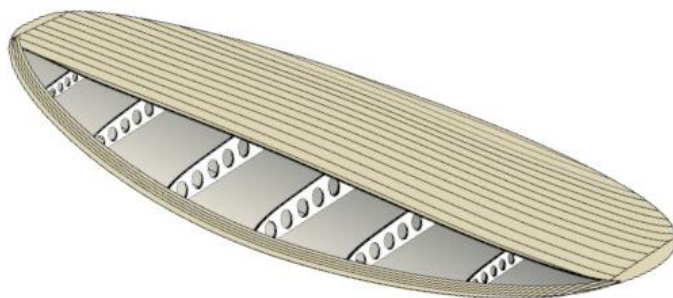
Prvním pokrokem v materiálu bylo využití sekvojového dřeva a dovezených druhů jako např. borovice. V následujících letech došlo na použití cedru, mahagonu, a nakonec významné balsy, která se využívá i dnes.

S inovativní konstrukcí přišel až T.E. Blake, který navrhl dutou konstrukci prkna, za účelem snížení hmotnosti, kterou si roku 1932 nechal patentovat. Konstrukce se skládala z masivního rámu, který byl zabeđen deskou z masivu a později překližkou. Taktéž došlo k výrobě laminovaných masivních desek s využitím balsy ve středu a sekvoje na okrajích desky. V nadcházejících letech docházelo ke změnám designu, který zásadně ovlivňoval vlastnosti a chování desky. Dřevěné desky přešly do ústraní po 2. světové válce, kdy se začalo využívat polymerů a vznikaly sendvičové konstrukce (Marcus et al. 2010).

Dnes jsou dřevěné surfy alternativní a dražší variantou. Mohou být taktéž šetrnější variantou k životnímu prostředí. Ze dřeva vzniká udržitelný produkt jedinečných výkonnostních vlastností. V závislosti na konstrukčních metodách, použitém dřevu a povrchové úpravě – lze výkonové vlastnosti dřevěné desky vylepšit různými způsoby.

Konstrukční metody, se kterými se dnes můžeme setkat jsou:

- **Alaias** – masivní dřevěná pevná deska, je nejtěžší variantou surfovacích prken, je nejšetrnější verzí, která je ošetřena přírodními oleji a vosky. Podává stabilnější polohu na hladině, ale hůře se ovládá.
- **Duté konstrukce** – jsou převzaty z Blakeovy koncepce. Skládá se z dřevěné kostry, která je uzavřena dřevěnými deskami nebo prkny (obr. 18). Jedná se o velmi pracný proces měření, lepení, upínání a čekání. Konečnou úpravou je buďto sklolaminát, lak nebo vosk v závislosti na druhu dřeviny. Konstrukce je pevná a lehká.



Obr. 18 Struktura dutého jádra surfu (Flamasurf 2020)

- **Komorové konstrukce** – se zdají být o něco méně běžné než ostatní popsané dřevěné surfovací prkna, ale mají opravdu velké výhody. Výroba spočívá z dřevěného polotovaru, do jehož jednotlivých sekcí jsou vytvářeny otvory (obr. 19). Konečným povrchem je sklolaminát, olej nebo jiný způsob těsnění. Lze experimentovat s množstvím a umístěním otvorů a využitím dřevin v jednotlivých sekcích desky. To udává hmotnost a pevnost finální desky.



Obr. 19 Struktura komorového jádra (Flamasurf 2020)

Mezi přednostně využívané dřeviny patří: paulovnie, balsa, sekvoj, cedr, borovice a topol (Orenstein 2019, Flamasurf 2020).

Též se dřevo využívá u sendvičových konstrukcí, kde tvoří tenkou povrchovou vrstvu v podobě překližky nebo dýhy na polystyrenovém jádru. Tyto desky mají nejen jedinečný vzhled a dobré ohybové vlastnosti dřevěné desky s hmotnostními výhodami pěnové desky (Orenstein 2019). Dále se dřevo nachází v polyuretanových deskách ve formě středového pruhu, která přidává prknu větší pružnost. Buďto se použije proužek dřeva nebo překližky, přičemž nejpoužívanější dřevinou jsou balsa a sekvoj (SurferToday.com 2020).

Ostatní materiály

Dnes nejvyužívanějšími jsou pěnové materiály používané k výrobě jader v moderních sendvičových konstrukcích. Pěnovými polotovary jsou: polyuretan (PU), polystyren (PS), expandovaný polystyren (EPS) a extrudovaný polystyren (XTR/XPS). Jsou snadno tvarovatelné, levné a zakryty několika zpevňovacími vrstvami. Jejich hmotnost je výhodou a nevýhodou zároveň. Jsou lehce ovladatelné, ale zároveň může docházet k nadměrnému kolébání na hladině.

- **PU pěna** – polotovary se spolu s polyesterovou pryskyřicí a skleněnými vlákny staly standardním jádrem surfů. Až do roku 2005 měly až 90% podíl na celosvětovém trhu.
- **PS pěna** – je sice lehčím a ekologičtějším materiálem než PU pěna, ale zároveň méně odolným. Jsou tvarovány pomocí horkého drátu, který vytváří hladký řez.
- **EPS** – verze polystyrenu, jež obsahuje malé pěnové kuličky. Extrémně lehký, plovoucí materiál, který se tvaruje za pomoci strojní techniky. Je neekologičtější variantou z umělých materiálů. Jedinou povrchovou vrstvou, která se s EPS může použít je epoxidová pryskyřice.
- **XTR** – je pěna s plně uzavřenými póry, která neabsorbuje vodu. Zajišťuje ohyb, vysokou odolnost proti nárazům a utváří příjemný pocit během jízdy. Výroba tohoto materiálu je ale velmi nákladná (SurferToday.com 2020).

4 Kolektivní sporty

Obdobně jako u individuálních sportů, uplatňují kolektivní sporty materiály různých druhů a dřevo není výjimkou.

Tato část se zabývá dvěma míčovými sporty – baseballem a kriketem. Oba tyto sporty jsou celosvětově známými aktivitami, hrající lidé různých věkových kategorií na různých hracích úrovních. Baseball je tradičním sportem především ve Spojených státech, zatímco velmocí kriketu je Indie. A na závěr tato část představuje obě formy hokeje – pozemní a lední. Pozemní hokej není na našem území tak rozšířený, ale vzhledem k historii vývoje obou sportů, ho zde nelze opomenout.

4.1 Baseball

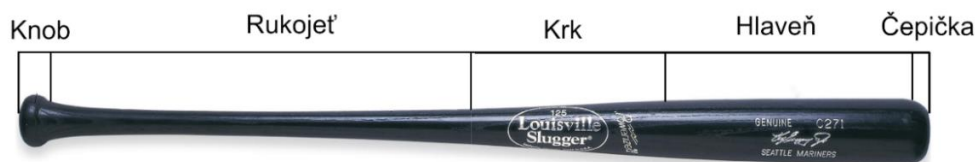
Baseball je dlouhá léta považována za populární hru, a to především v Americe. Sport, který původně začal jako dětská hra, existuje zhruba od začátku 19. století. Do 40. let 19. století se sportovci v několika severovýchodních městech Ameriky pravidelně scházeli, aby hráli několik variací tohoto sportu, dřív tzv. „town ball“. Hra se postupně vyvíjela a vznikala nová pravidla. V roce 1900 měla hra natolik blízko tomu, čemu se dnes říká baseball, že je tento rok považován za zrození baseballového sportu. Dnes je baseball mezinárodním sportem, který hraje více než 100 zemí světa, které jsou součástí IBAF (International Baseball Federation = Mezinárodní baseballová federace). Základní vybavení, tj. pálka, rukavice a míček, si od počátku 19. století neprošlo zásadními změnami. Avšak s novými poznatky fyziky ve hře, bylo nadále inženýrům a vědcům umožněno vyvíjet dosavadní vybavení, zavedením pokročilých materiálů s úmyslem zlepšení výkonu tohoto vybavení (Kelley 2005, Sherwood a Drane 2007).

Za zmínku taktéž stojí hra – softball. Vynalezena v Chicagu v Illinois v roce 1887 jako zimní verze baseballu, původně nazývaný „indoor baseball“. V těchto dnech se hry odehrávají na venkovních hřištích s mnohem tvrdším míčkem než v baseballu. Hraje se s různými pravidly v závislosti na konkrétní lize. Softball je dokonce více populární z hlediska celkového počtu hráčů. Dnes je jedním z nejpopulárnějších outdoorových sportů v USA, který zahrnuje více než 40 milionů hráčů na celém světě (Cross 2011).

4.1.1 Charakteristika pálek

Baseballová pálka je nástroj sloužící ve hře pálkaři, který se snaží zasáhnout nadhozený míč. Pálka se může sestávat z různých částí. Většinou jsou z jednoho nebo dvou kusů, ale v některých případech narazíme i na pátku třídílnou (Sherwood a Drane 2007). Mezi hlavní části baseballové pátky patří hlaveň a rukojeť (obr. 20). Hlaveň

je údernou a nejširší částí pálky a je v horní části zakončená čepičkou, která může mít různé podoby. Součástí hlavně je krk, které se směrem dolů zužuje do rukojeti. Rukojeť je část, kde hráč pátku uchopuje. Některé pálky vyžadují na rukojeti úchopovou pásku, aby byla zajištěna větší úchopná síla. Zakončením rukojeti je tzv. „knob“, který může mít anti-vibrační vlastnosti nebo může být jen blokem, který zabrání vyklouznutí z rukou (Fortin-Smith et al. 2019, Horton 2020).



Obr. 20 Design standardní baseballové pálky (Kelley 2005)

V ranných dobách baseballu si hráči vyráběli vlastní pálky. Experimentovaly s jejich velikostmi, tvary a hmotnostmi. Ve srovnání s dnešními pátkami (cca 3 cm) měly pálky v minulosti relativně silné rukojeti, cca 5 cm (obr. 21). Dále, se vyvíjely různé varianty tvarování profilů a knobů (obr. 22). První omezení ohledně tvarů a velikostí nastávaly až v 60. letech 19. století. Dnes má každá liga stanovená vlastní pravidla pro materiál baseballové pálky, též délku, rozměry a výkon (Sherwood a Drane 2007, Cross 2011).



Obr. 21 Historická baseballová pátk (Kelley 2005)

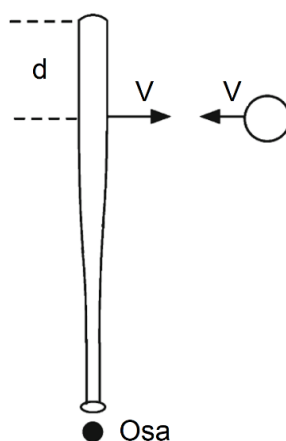


Obr. 22 Vývoj baseballových pátek (Sherwood a Drane 2007)

Mezi hlavní požadavky většiny hráčů patří výkon pátek, který obecně představuje sílu pálky, měřenou rychlostí pátkovaného míče. Hráči mají za cíl odpalování míčků nejvyšších možných rychlostí. To při odpalu ovlivňuje hlavně hmotnost a tuhost pálky. Většina hráčů upřednostňuje lehčí pálky, se kterými se jim snadněji máchá, i přestože těžší pálky jsou silnější. Hráči jsou ochotni obětovat pár kilometrů v rychlosti

pálkovaného míče, pod podmínkou, že jim to umožní snadněji máchnout pálkou. Co se týče tuhosti, tak závisí na několika faktorech. Jedním je povaha materiálu, druhý je tvar a tloušťka materiálu ve směru ohybu (Cross 2011).

V poslední řadě je rychlost pákovaného míče ovlivněna též bodem nárazu míče na pátku. Nejideálnějším místem na pálce je tzv. sladké místo, nacházející se v horní části pátky (obr. 23). Je to místo, kde jsou minimalizovány vibrace, vznikající při každém střetu pátky s míčem. V pálce vznikají buďto nepříznivé nebo příznivé vibrace. Mezi nepříznivé vibrace patří například ty, vzniklé špatným odpalem pákaře, způsobující nepříjemné brnění v ruce. Při střetu tyto vibrace odebírají energii z míče, která zůstává uložena v pálce. Příznivé vibrace jsou ty, které způsobují trampolínový efekt, jež funguje opačným způsobem. Energie v míči je přenášena do pátky, která ji následně vrátí míči. Tento efekt je dále rozveden v souvislostech s materiály níže (Cross 2011).



Obr 23 Umístění sladkého místa (d) (Cross 2011)

4.1.2 Materiály baseballových pálek

Mezi základní materiály baseballových pálek patří dřevo a hliník. Před začátkem organizovaného baseballu na počátku 19. století byla páłka vyráběna z téměř jakéhokoliv kusu dřeva, kterým bylo možné odpálit míč. Během vývoje pálek se začaly používat specifické tvrdé dřeviny. V roce 1970 se rozmohl trend hliníkových a jiných nedřevěných pálek. Dnes jsou tyto materiály využívány v různých úrovních, v závislosti na tom, co jednotlivé ligy dovolují (Cross 2011).

Dřevo

Pálky z masivního dřeva jsou povoleny v každé baseballové lize. Pálky z masivního dřeva jsou primárně používány hráči v profesionálním baseballu nebo těmi, kteří se na tuto úroveň chtějí dostat. Například v MLB (Major League Baseball), jsou jedinými povolenými pálkami, z důvodu jejich přiměřené výkonnosti (Sherwood a Drane

2007). Hráči tvrdí, že výkon hráče ve hře, by měl záviset více na jeho schopnostech než výkonosti samotné pálky (Graff 2017). Někteří hráči volí dřevěnou pátku jednoduše proto, jak zní při odpalu. Vydává zvuk „prásknutí“, jež má silný psychologický vliv na hráče (Cross 2011).

Konstrukce dřevěné pálky se vyvíjela za posledních 150 let a vyžaduje pečlivý výběr správných dřevin, kontrolu obsahu vlhkosti a doby schnutí, a dokonce i počtu ročních přírůstků dřeva. Většina pálek má asi osm až patnáct ročních přírůstků na 2,5 cm. Směr dřevních vláken je také důležitý, protože pálky se ohýbají a snadněji praskají v jednom konkrétním směru (Cross 2011).

První dřevěné pálky byly převážně vyráběny z tvrdých dřevin. Většina se obráběla na soustruhu z kusu ořechovce a jasanu amerického. Přičemž tyto dřeviny byly taktéž hojně využívány pro výrobu rukojetí na nářadí, jako jsou sekery a kladiva. Dnes více než polovina masivních dřevěných pálek v MLB je vyrobena z jasanu a javoru. Tyto dřeviny jsou upřednostňovány, přestože ořechovec je jedním z nejtvrdších a nejtěžších dřevin používaných pro výrobu baseballových pálek.

S ohledem na budoucnost dřevěných pálek jsou buk, bříza a dub červený považovány za další alternativy severního jasanu amerického. Tab. 3 uvádí některé vlastnosti různých dřevin, které se v současnosti používají pro výrobu pálek (Sherwood a Drane 2007).

Tab. 3 Vlastnosti materiálů pro výrobu baseballových pálek při 12% vlhkosti (Sherwood a Drane 2007).

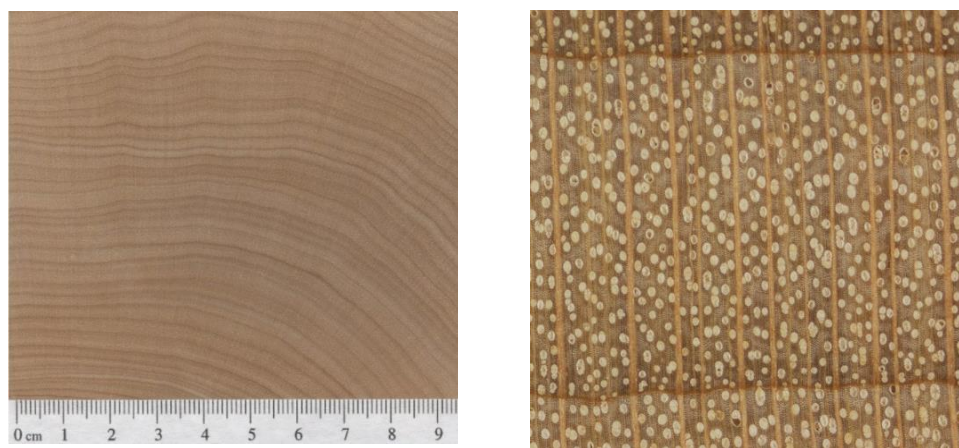
Druh dřeviny		Hustota [kg/m ³]	Modul pružnosti	Modul pevnosti v ohybu [MPa]
Jasan čtyřhranný	<i>Fraxinus quadrangulata</i>	580	9653	95,14
Jasan americký	<i>Fraxinus americana</i>	600	11997	103,42
Buk velkolistý	<i>Fagus grandifolia</i>	640	11859	102,73
Bříza žlutá	<i>Betula alleghaniensis</i>	620	13958	114,45
Ořechovec plstnatý	<i>Carya tomentosa</i>	720	15306	132,37
Javor cukrový	<i>Acer saccharum</i>	630	12617	108,93
Dub červený	<i>Quercus rubra</i>	630	12548	98,59

Javor

Javor v porovnání s jasanem je velmi hustá dřevina, což z něj dělá nejvíce vhodnou dřevinu na výrobu baseballových pálek. Javor je roztroušeně pórovitá dřevina, která má na příčném řezu cévy podobného průměru, které jsou rovnoměrně rozloženy po celém letokruhu (obr. 24). Těsná struktura a tvrdost povrchu odolá i velice intenzivním nárazům. Při nárazu póry rovnoměrně komprimují a dřevo nepodléhá takovému poškození, ba naopak se s použitím stává kompaktnějším (Bok 2019, Old Hickory Bat Company Inc. 2020).

Nevýhodou použití javoru na výrobu baseballových pálek je především jeho náchylnost k získávání vlhkosti po celou dobu jeho životnosti, tudíž je potřeba dřevinu sušit na velmi nízký obsah vlhkosti (Old Hickory Bat Company Inc. 2020). Při prasknutí páčky dochází k vedení prasklin v jakémkoliv směru, kdy je pravděpodobné, že prasklina pronikne až k okraji, až dojde k úplnému zlomení. Trhliny javoru obvykle nelze detekovat a je pravděpodobnější, že při odpalu dojde k vícedílnému selhání, což přirozeně vede k obavám o bezpečnost hráčů ve hře (Dujovny et al. 2009).

Dnes javorové páčky zastávají více než polovinu používaných pálek na úrovni MLB (Major League Baseball), přestože mohou stát o 50 % více než páčky stejných profilů z jasanu. S ohledem na elastické moduly jsou tyto dvě dřeviny srovnatelné (Sherwood a Drane 2007).



Obr. 24 Pohled na příčný řez javorem cukrovým a pohled 10x zvětšený (Meier 2020)

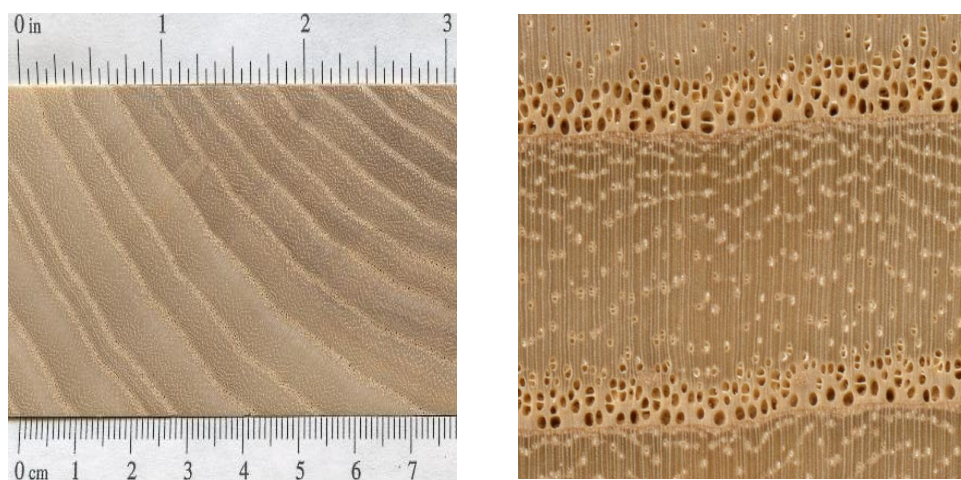
Jasan

Dříve než se javorové páčky staly populární, byla většina tradičních baseballových pálek vyráběna z jasanu. Jasan je kvalitním dřevěným materiálem s nižší hustotou a hmotností. Nevykazuje takovou pevnost jako např. ořechovec, ale mnoho hráčů jasanové páčky upřednostňuje kvůli lehčímu máchnutí. Většina jasanu

používaného pro výrobu baseballových pálek se sklízí ve východní Pensylvánii a v New Yorku (Sherwood a Drane 2007).

Jasan jakožto kruhovitě pórovitá dřevina má na příčném řezu viditelné do kruhů seřazené cévy v jarním přírůstku dřeva (obr. 25) (Minář 2009). Větší prostor mezi cévami umožňuje při nárazu jejich následné stlačení. Dochází tedy k nepatrnému trampolínovému efektu, který je nejpříznivější a zároveň nejnepříznivější vlastností tohoto materiálu. Díky tomuto efektu mnoho hráčů věří, že dokáží odpalovat míče větších rychlostí, než je tomu např. u javoru (Old Hickory Bat Company Inc. 2020). Dále v důsledku opakované komprese nastává k opotřebení baseballové páčky v podobě odlupování a praskání (Sherwood a Drane 2007).

Stejně tak jako u javorových pálek musí být dřevina jasanu sušena na velmi nízký obsah vlhkosti, aby se dala využít na jejich výrobu. Vlastnosti jasanu dále přispívají k tomu, že dřevo, po dobu své životnosti, bude nadále vysychat (Old Hickory Bat Company Inc. 2020). Na rozdíl od javoru struktura jasanu vede prasklinu po směru délky páčky, kde se materiál delaminuje v místě přechodu jarního a letního dřeva. Ve většině případů nedochází k úplnému přelomení páčky a pro páčkaře má prasklina funkci varovného signálu (Curiousread.com 2008).



Obr. 25 Pohled na příčný řez jasanem americkým a pohled 10x zvětšený (Meier 2020)

Hliník

Hliníkové páčky byly původně zavedeny jako cenově výhodnější varianta dřevěných baseballových pálek. Jsou využívány mnoha amatérskými hráči baseballu a mimo jiné jsou mnohem odolnější a oproti páčkám dřevěným bývají lehčí. Hliníkové páčky jsou svou odolností obzvláště nákladově efektivní pro školní a jiné amatérské týmy.

Svémi vlastnosti napomáhají začínajícím hráčům učení se hry, umožňují snadněji odpalovat míče a zvětšují dětem požitek ze hry (Sherwood a Drane 2007).

Původně byly duté hliníkové pátky tlustostěnné, ale s pokročilým vývojem hliníkových slitin výrobci dokázali tvořit pátky s menší tloušťkou stěn. Byly celkově lehčí a tvořily mnohem silnější trampolínový efekt. Ten je u dutých hliníkových hlavní intenzivnější než u dřevěných a vytvoří se i mimo hlavěň pátky. Při odpalu s masivní dřevěnou pátkou dochází především k deformaci míče a velké množství energie je v něm ztraceno, zatímco u hliníkových dochází k deformaci v duté hlavni, kde je část energie uložena a vrácena zpátky do míče (Sherwood a Drane 2007). Během kolize je u masivních dřevěných pátek přeneseno kolem 2 % deformací, zatímco hliníková pátky je schopna přenést do míče více než 10 %, což vede k mnohem větším rychlostem odpalovaných míčů. Některé z hliníkových slitin, které se v současné době používají v hliníkových pátkách, jsou C405, 7046, 7050 a slitiny včetně skandia. Díky své výkonnosti byly v minulosti některé kovy zakázány používat, kvůli obavám o bezpečnost hráčů. Hliníkové pátky se běžně odkládají v momentě, kdy pátky nemá při odpalu správný zvuk („cinknutí“). Snížení výkonu je výsledkem neustálých nárazů, který tzv. unavují materiál až nakonec dojde k promáčknutí (Fallon a Sherwood 2003).

Kompozit

Úplně první kompozitní pátky vytvořili profesionální hráči za účelem zlehčení dřevěné pátky. Hráči udělali dřevěnou pátku dutou a vytvořenou dutinu vyplnili korkem. To ale bylo proti veškerým pravidlům. Další kompozitní pátky byly představeny kolem roku 2000 slepením grafitové vrstvy s epoxidovou pryskyřicí na dřevěnou nebo hliníkovou pátku. Tento typ se stále vyrábí, přestože moderním trendem jsou 100% kompozitní pátky, vyrobené z grafitu, sklolaminátu, kevlaru a dalších (Cross 2011, Benson-Worth 2013).

Přínos kompozitních konstrukcí spočívá v tom, že vlastnosti použitých materiálů mohou být využity na různých místech po celé délce pátky tak, aby byly maximálně využity. Existují tři hlavní kategorie kompozitních pátek, které používají různé materiály v různých částech konstrukce. První kategorií, někdy nazývané též jako hybridní, je použití různých materiálů pro různé oblasti pátky, např. použití dřevěného materiálu na hlavěň a použití hliníku pro rukojeť. Druhou kategorií tohoto kompozitního designu je použití různých materiálů v různých vrstvách pátky (obr. 26). Třetí kategorií je použití vícekrát ten stejný materiál. Třetí klasifikace je lepení více kusů stejného materiálu. Proces laminace umožňuje, aby se menší kousky dřeva, které nejsou dostatečně velké, vytvořily pátku, čímž využívají přírodního zdroje, který by se jinak zlikvidoval jako odpad (Sherwood a Drane 2007).

Kompozitní pálky bývají relativně tuhé, když jsou nové, opakovaným použitím se změkčují. Čím měkčí pálka, tím více se projevuje trampolínový efekt. Nárazy vytvářejí malé, téměř neviditelné trhliny, které pálku změkčují. Stejně tak jako hliníkové pálky nejsou kompozitní pálky schváleny pro použití v MLB. Jsou téměř vždy dražší než hliníkové pálky. Dřevěné pálky sice vyjdou cenově nejméně výhodnější, ale musíme počítat s častější obměnou během sezóny, jelikož se častěji lámou. Kompozity mají sice delší životnost, než dřevo, ale ne delší nežli pálky z hliníku. Častějším používáním se změkčují a jsou náchylnější na změny teplot, musíme tedy počítat s tím, že při chladnějším počasí se zhorší jejich výkon a zvýší se šance jejich zlomení (Cross 2011, Duryea 2019).



Ob. 26 Porovnání baseballových pálek (Benson-Worth 2013)

4.2 Kriket

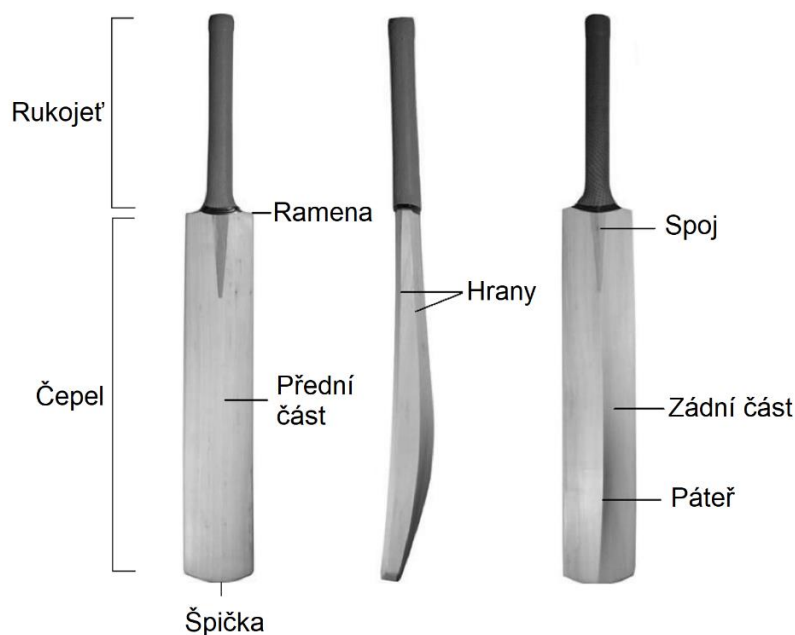
Kriket vznikl společně s několika pálkovými sporty. Kriket pravděpodobně vznikl již začátkem 13. století jako forma venkovské zábavy, hrána převážně dětmi. Uplynutím několika let se hra stala natolik oblíbená, že ji lidé upřednostňovali před nedělními bohoslužbami. Popularita této hry během 18. století rostla a dostávala se do větších měst, kde vznikaly první kriketové kluby. Z venkovské anglické zábavy vzešla moderní hra, která je hrána na stadiónech ohromných rozměrů. Nejznámějším klubem je MCC (Marylebone Cricket Club), který odehrává stovky zápasů ročně. Kriket

je oblíben po celém světě, zejména v Austrálii, Indii, Pákistánu, Západní Indii a na Britských ostrovech (MCC 2020, Longmore 2020).

4.2.1 Charakteristika kriketových pálek

Kriketová páłka je specializovaným nástrojem kriketového vybavení, které podobně jako v baseballu používají pálkaři k odpalování nadhozených míčků (Macias 2019). Tento nástroj je vyroben ze dvou samostatných částí – rukojeti a čepele. Pálka je dále rozčleněna na jednotlivé sekce (obr.27):

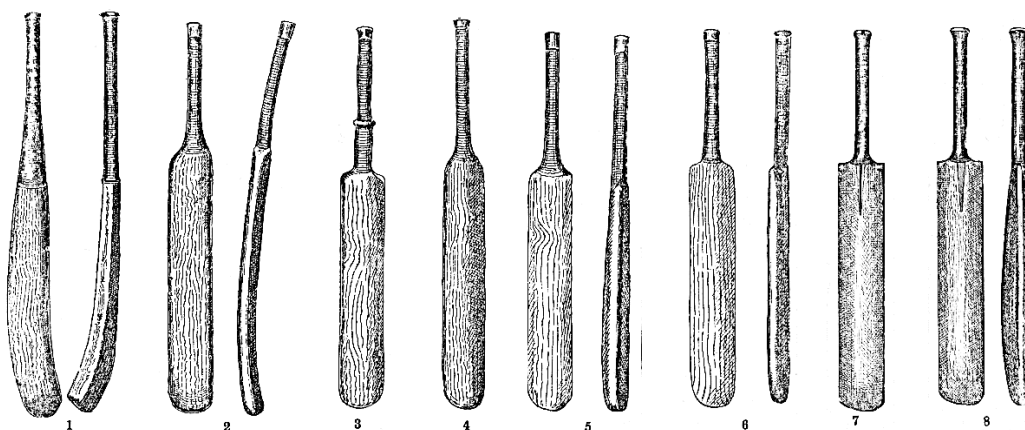
- **Rukojeť** – válcovitá část pálky, kde dochází k úchopu. Bývá omotána pryží nebo tkaninou, pro zamezení protáčení se nebo klouzání z ruky.
- **Spoj** – dřevařský spoj, který je součástí rukojeti. Má tvar písmene „V“ a spojuje rukojeť s čepelí.
- **Čepel** – hlavní část pálky. Tvoří ji přední a zadní část. Přední část je plochá a slouží jako hlavní nárazová plocha. Zadní část je vyboulená část pálky, jejíž středem vede ostrá linie (páteř) zajišťující tuhost a pevnost.
- **Ramena** – jsou části čepele umístěné nejbliže k rukojeti. Nejsou určeny k zasažení míče, pouze posilují pálku v době jeho nárazu.
- **Hrany** – postranní okraje čepel, které se od ramene ke středu její délky zesilňují.
- **Špička** – spodní okraj kriketové pálky, která se obvykle dotýká země. Tato část je velmi náchylná na poškození (Wicket To Wicket 2019).



Obr. 27 Charakteristika kriketové pálky (Talent Cricket Ltd. 2020)

První zmínka o kriketových pákách je z 20. let 16. století. Pálky byly tvarovány z jednoho kusu dřeva a podobaly se spíše ranným hokejkám. Tento tvar odpovídal tehdejšími technikám, kdy byly míče posílány po zemi. Až v 70. letech 18. století nastala se změnou technik i změna tvaru páčky. Nastal přechod na více rozpoznatelný „obdélníkový profil“. Tvar podobným těm dnešním dostala až 20. letech 19. století, kdy mohla vážit až 5 kg. Od konce 19. století již nedocházelo k zásadním tvarovým změnám (obr. 28). Během následujících let se s využitím správných dřevin podařilo hmotnost páček snížit na necelý kilogram (Wark 2017). Poslední zásadní změnou, jež nastala v konstrukci páčky, bylo její sestavení ze dvou částí (čepule a rukojeti), které jsou spojovány během výroby. Tímto krokem se zamezilo častému lámání páček a rychlému přenosu nepříjemných vibrací do rukou (Subic a Cooke 2003, Katiyar et al. 2016).

Dnešní kriketové páčky mají delší čepule s většími profily a silnějšími hranami, které mohou vážit více než 1,5 kg. Mnoho hráčů na profesionálních úrovních používá těžší páčky, které jim umožňují výkonný odpal míčku, ale manipulace s nimi je rychleji unavuje (Subic a Cooke 2003). Velikost a kvalita dnešních páček jsou omezeny pravidly MCC (MCC 2020).



Obr. 28 Vývoj kriketových páček od poloviny 18. století (Wark 2017)

Výrobci páček se především soustředí na maximalizaci rychlosti páčkovaného míče, jako je tomu např. u baseballu. I u kriketových páček dosáhneme maximální rychlosti zasažením sladkého místa. Na kriketové páčce se sladké místo nachází zhruba ve středu délky čepule, kde je přenos energie z páčky do míče maximální, zatímco přenos vibrací do rukou minimální (Subic a Cooke 2003). Taktéž je pozornost soustředěna na životnost kriketových páček. Čepule prochází procesem válcování nebo lisování, čímž se čepel páčky zmenší asi o 4–5 mm, což mírně změní její mechanické vlastnosti a vytvoří nehomogenní strukturu. Tento proces poskytne vytvrzenou povrchovou vrstvu 1–2 mm na páčce, což umožní páčkám odolávat poškození během zbývajících výrobního procesu nebo při odpalu míčku. Pro dosažení maximalizace

životnosti prochází pátky dalšími dodatečnými procesy, a to olejováním (např. Iněným olejem) a zhušťování (viz. kapitola 4.2.3.) (Subic a Cooke 2003, Macias 2019).

4.2.2 Materiály kriketových pátek

V posledních letech zažilo několik sportů revoluci změn materiálů v důsledku technologických pokroků. Na materiály používané pro návrh kriketových pátek neměly tyto pokroky nikterak výrazný dopad. V minulosti neexistovala žádná omezení v použití materiálu pro výrobu pátky nebo pro úpravu jejich povrchu. Hráči používaly mnoho různých druhů dřevin. Dokonce se roku 1979 objevila v zápase pátky hliníková. Ta ale po několika zásazích způsobovala značné poškození míče. Na základě toho vznikl požadavek, aby čepel byla vyrobena výhradně ze dřeva. To vedlo MCC ke změně zákona, pro zamezení podobných budoucích pokusů. V důsledku tohoto omezení následně probíhaly jen minimální změny, a to změny podle individuálních potřeb hráčů. V průběhu let experimentovali výrobci s různými druhy dřevin, ale zatím nejvhodnějším materiálem zůstala vrba. Nicméně jiné alternativní materiály jsou stále ve fázi vývoje (Subic a Cooke 2003, Wark 2017).

4.2.2.1 Čepel

V profesionálním baseballu zatím nejvhodnějším materiálem zůstává vrba anglická, též nazývaná vrba bílá. Roztroušeně pórovitá dřevina rostoucí na území Velké Británie, která je považována za monopol v produkci kriketových pátek. Z vrby anglické vznikají velmi lehké pátky nejvyšší kvality a výkonu. Vrba anglická je velice měkká a zároveň trvanlivá dřevina s nejvhodnější strukturou. K řádnému růstu je potřeba vlhčí klima s průměrnou teplotou 15°C. Čepele při obsahu vlhkosti 12–14 % odolávají opakovaným nárazům. Hustota se mění v závislosti na obsahu této vlhkosti a době procesu zhušťování, díky čemuž vzniká odlišná hustota ve středu a na povrchu čepel, což povede k pružnější reakci během nárazu a ke zvýšení rychlosti odraženého míče. Kvalita také závisí na počtu ročních přírůstků dřeva. Čepele jsou vyříznuty z radiální části kmene při doporučeném počtu 5 až 8 letokruhů z bělové části kmene (Subic a Cooke 2003, Sports 3.0 Pty Ltd. 2017). Čepel je možné vyříznout i z části jádra kmene, to ale značně ovlivní její finální hmotnost. Pátky z anglické vrby využívají spíše zkušení hráči, kteří hrají s tvrdšími míčky. V prodeji jsou tyto pátky kategorizovány do stupnic 1–5°, přičemž stupeň 1° je produktem nejvyšší kvality s nejrovnějšími vlákny a minimálními vadami (Sayers et al. 2005, Sport2nd 2020).

Bylo zjištěno, že jiné dřeviny nejsou vhodné pro výrobu kriketových pátek. Řada z nich jsou vyšší hustoty, tedy i vyšší hmotnosti, nebo naopak nejsou takové hustoty,

aby odolávaly opakovaným nárazům míče. Po rozšíření kriketu do ostatních oblastí světa se započalo s experimenty oblíbené anglické vrby. Ta byla rozvezena a pěstována v oblastech jako Kanada, Indie, Austrálie a Nový Zéland. Ve většině případů nevznikla dřevina příznivých vlastností.

Jedinou oblastí, která dokázala vypěstovat dřevinu, jež se dokázala uchytit ve výrobě pálek, byla oblast Kašmíru v Indii a Pákistánu. Z tzv. kašmírské vrby se produkují kriketové páčky, které jsou považovány za méně kvalitní. Rostou v mnohem teplejším klimatu s nízkou vlhkostí (Wark 2017). V tomto prostředí rostou stromy rychleji, což znamená vláknitější texturu a více zadržování vlhkosti, což je činí těžšími. Pro svou hmotnost se páčky vyrábějí s užší čepelí. Kašmírské páčky se na první pohled liší barvou, jsou větší s hnědým nádechem, zatímco anglické jsou bělejší barvy (obr. 29). Kašmírské páčky se výkonnostně až tak neliší od těch anglických. Výkon kašmírských pálek je v průměru o 0,84 % nižší a disponují menším sladkým místem a pohlcují méně vibrací. Obecně jsou ale trvanlivější a nevyžadují takovou údržbu. Jsou tedy více vhodné pro začátečnické a amatérské hráče, kteří hrají s měkčími míčky (Singh a Smith 2008, Sports 3.0 Pty Ltd. 2017, Sport2nd 2020).



Obr. 29 Odlíšnost anglické (a) a kašmírské (b) čepelí (Best Soccer Buys Sporting Goods Inc. 2020)

Během let proběhlo několik pokusů o záměnu těchto dřevin. Dnes existují různé návrhy čepelí, a to např. z kompromitovaného bambusu, ale i ty by pravděpodobně se svojí hmotností neobstály (Sports 3.0 Pty Ltd. 2017). Jiné alternativní materiály jako je hliník a uhlíková vlákna aktuálně neodpovídají zákonům této hry a jsou v profesionální hře zakázány. Na otevřeném trhu je však k dispozici několik kompozitních pálek. Uhlíková vlákna v páлке poskytují výhodu spočívající v tom, že tuhá čepel je kombinována s relativně méně tuhými rukojetí, což je optimální pro dodávání maximální energie do míče (Eftaxiopoulou et al. 2012). Jediné, co pravidla kriketu povolují, je použití tenké ochranné vrstvy na povrchu čepelí. Je povolena vrstva kompozitního materiálu do 0,1 cm a na špičce až do 0,3 cm (MCC 2020).

4.2.2.2 Rukojeť

Pravidla stanovují, že 90 % objemu rukojeti musí zastupovat buďto dřevo nebo cukrová třtina. Pevné dřevěné rukojeti byly překonány rukojetmi z laminovaných částí cukrové třtiny. Ty jsou standartními rukojetmi používaných již více než 100 let. Zbylých 10 % mohou být materiály pro jiné účely, jako je například tlumení vibrací, přičemž tuto funkci zastávají přidané proužky gumy. Pro zpevnění lze použít vložky z uhlíkových vláken (obr. 30a), díky kterým třtinová rukojeť dokáže částečně přenášet energii zpět do čepele, což zvyšuje její výkonnost. Další modifikací může být voštinová struktura (obr. 30b), jež je zajištěna čistou pryskyřicí a rukojeť získá více hmotnosti. To po spojení zlepšuje jak výkon, tak rovnováhu, což jsou dva nejzásadnější faktory, které hráči požadují (Katiyar et al. 2016, Laver & Wood Ltd 2020)



Obr. 30 Příklad přidaných složek v rukojeti (Laver & Wood Ltd 2020)

Někteří výrobci se pustili i do výroby kompozitních rukojetí. Nicméně všechny tyto inovace v kriketové technologii byly taktéž zakázány, jelikož poskytují hráčům příliš velkou výhodu, což platí v tomto případě i pro čepele. Mnoha hráčům přišlo jejich použití nespravedlivé už z toho důvodu, že ne všichni hráči měli k takovým technologiím přístup (Macias 2019).

Shrnutí vlastností používaných materiálů ukazuje tab. 4.

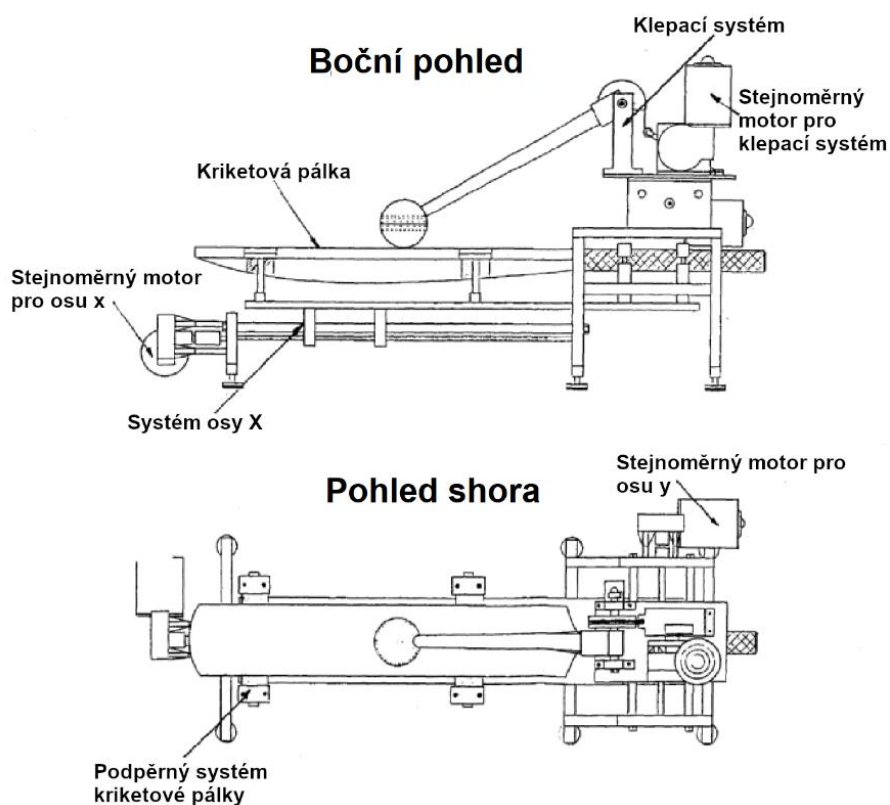
Tab. 4 Přehled materiálových vlastností (Smith a Singh 2009)

Materiál	Hustota [kg/m ³]	Modul pružnosti v tahu [GPa]	Maximální rázová houževnatost [MPa]	Poissonova konstanta
Anglická vrba	450	9,8	122	0,3
Kašmírská vrba	535	6,67	108	0,35
Cukrová třtina	498	8,8	121	0,3

4.2.3 Zhušťování dřevěných kriketových pálek

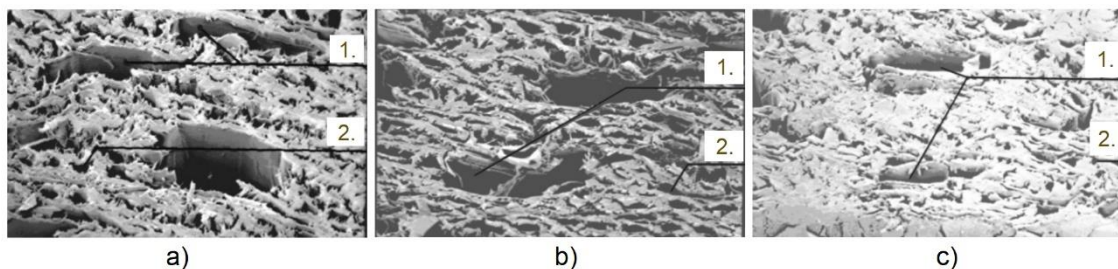
Před tím, než se páłka dostane do hracího pole, projde procesem olejování a zhušťování. Olejováním zamezíme vysoušení vrby, čímž výrazně snížíme riziko jejího popraskání. Po naolejování následuje proces zhuštění, jehož účelem je stlačení dřevních vláken, zejména v krajních oblastech, které jsou nejnáchylnější na poškození. Stlačením dřevních vláken docílíme tuhé a husté oblasti, která ovlivňuje pevnost v ohybu a vibrace páčky. Zvyšuje se povrchová pevnost čepele, která se v některých případech může i zdvojnásobit. Tento proces se obvykle provádí opakovaným zasažením povrchu dřevěnou palicí nebo starým měkkým míčem – ručně nebo strojem.

Stroj, který je schematicky znázorněn na obr. 31, se používá pro zhušťování povrchu pálek různých velikostí, za účelem předcházení lidské únavy z tohoto pracného procesu (Sayers et al. 2005, Singh a Smith 2008, It's Just Cricket Ltd. 2020).



Obr. 31 Schéma klepacího stroje (Sayers et al. 2005)

Obr. 32a–c ukazuje mikroskopický stav povrchu páčky. Na obr. 32a jsou jasně vidět široce otevřené buněčné dutiny (a) a cévy na neklepané oblasti. Tak jako se doba zhušťování zvyšuje, buněčné dutiny a cévy se stále zužují a bortí.



Obr. 32 Mikroskopická struktura dřeva bez zhuštěných vláken (32a), po dvou hodinách (32b) a po čtyřech hodinách zhušťování (32c) (Sayers et al. 2005)

Proces probíhá po dobu dvou až šesti hodin v závislosti na požadavku adresáta. Bylo zjištěno, že zhuštěná vlákna nemají zásadní vliv na výkonnost pálky (rychlost pálkovaného míče), dokonce jej snižuje o 0,25 %. Poškození nových pálek je v některých případech hlášeno navzdory zhuštění dřevních vláken (Sayers et al. 2005, Singh a Smith 2008).

4.3 Hokej

První historické záznamy o hře podobné hokeji zasahují hluboko do starověku, do Egypta o 4000 let zpět (International Hockey Federation 2020). Dnes jsou celosvětově známé dvě formy moderního hokeje – jedná se o pozemní a lední hokej. Oba sporty jsou velmi rozšířenými olympijskými sporty s evropskými kořeny.

Pozemní hokej je mimořádná týmová hra, hrána ve více než 80 zemích (Anders a Myers 1999). Jedná se o venkovní hru odehrávající se na travnatém povrchu, kdy proti sobě soupeří dva týmy po 11 hráčích, s cílem skórovat co nejvíce míčků do soupeřovi branky. Počátky moderní hry započaly v 19. století na anglických středních školách. Tam vznikla i první oficiální asociace, konkrétně v Londýně. Sport se poprvé objevil na letních olympijských hrách v roce 1912 (Carlisle 2011). Existuje také forma hokeje hrána uvnitř haly, tzv. halový hokej, který se mimo jiné liší např. rozměry hřiště, počtem hráčů a typem hokejky. Tato forma hokeje vznikla v Německu, kde se ze zimních tréninků stal plně kodifikovaný sport (Topend Sports 2020).

Lední hokej je týmová hra, hrána mezi dvěma týmy na ledové ploše. Tato kontaktní hra požaduje, značné množství vybavení jako jsou: chrániče, helma, rukavice, brusle a hokejka. Namísto míčku je předmětem hry puk, který je potřeba dopravit do soupeřovy branky. Lední hokej vzešel z anglického pozemního hokeje, ale společně i z amerického lakrosu. Byl rozšířen skrze britské vojáky do Kanady, kde se časem hra vyvíjela, až do dnešní podoby (Fischer et al. 2020). Poprvé se lední hokej objevil na letních olympijských hrách v roce 1920. Naopak na zimních olympijských hrách tomu bylo o čtyři roky později (Labrecque 2018). Každému ze sportů náleží

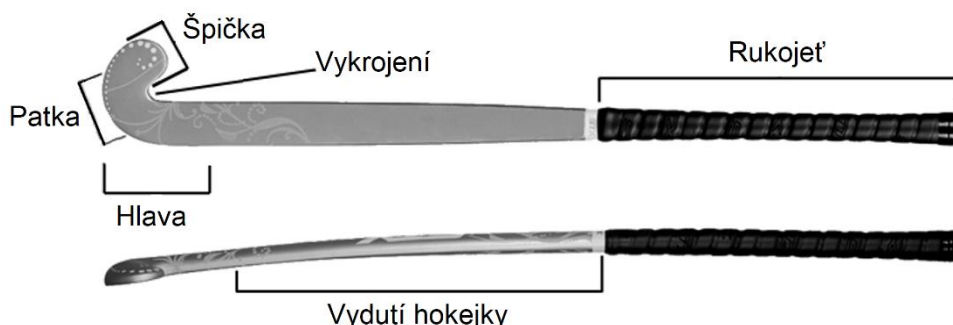
popularita v jiných částech světa, v závislosti na tradici a podnebí, ve kterém je hokej hrán. Přestože vznikly tyto dva sporty z jednoho základu, jsou v mnoha směrech dosti odlišné. Rozdíly najdeme ve způsobu hry, místě, počtu hráčů a výstroji. Co tyto hry spojuje především, je cíl hry, a to skórovat co nejvíce míčů/puků do soupeřovi branky jen za pomoci hokejky, která se dá považovat za nejpodstatnější nástroj ve hře, jenž si následně představíme (Vea 2012).

4.3.1 Charakteristika hokejky

Obecně je hokejka prodlouženou paží hráče a musí odpovídat výšce hráče, síle, preferované straně, stylu a pravidlům hry. Na počátku hry se hokejky sestávaly z jednoho kusu dřeva. S postupem času a s celkovým vývojem hry, se zvyšovaly požadavky na výkon hokejek. Proto dřevo následovaly inovativnější materiály měnící vlastnosti tohoto nástroje (Pearsall et al. 2000, Pearsall a Robbins 2019). Spolu s designem budou materiály hokejek dále uvedeny v následujících kapitolách.

4.3.1.1 Hokejky pro pozemní hokej

Hokejky pro pozemní hokej zastávají stejnou funkci ve hře jako ty pro lední hokej s rozdílem toho, že se hraje s tvrdým míčkem. Tato hokejka má specifický tvar do písmene „J“ s mírným zakřivením (max. 25 mm). Hrací zahnutou částí je hlava, která přichází do kontaktu s hrací plochou a míčkem (viz obr. 33). Všechny její hrany musí být zaoblené. Hlava se sestává ze špičky a patky. Má specifické vykrojení, jež napomáhá lepší manipulaci s míčkem. Hlava má jednu stranu zaoblenou a druhou ploskou, jež je také jedinou povolenou hrací plochou. Tedy všichni hráči, ať už leví nebo praví, musí pro hraní míče vždy používat rovnou stranu hokejky (Anders a Myers 1999, Vea 2012, (Sports Unlimited Inc. 2014).



Obr. 33 Charakteristika hole pozemního hokeje (Sports Unlimited Inc. 2014)

Dnešní tvar umožňuje maximálně manévrovat a pohybovat se s míčkem. Většina konstrukčních parametrů je ponechána na výrobci; nicméně FIH (Fédération

internationale de hockey = Mezinárodní hokejová federace) stále stanovuje určité podmínky a pravidla (Anders a Myers 1999).

Hokejky si v minulosti prošly změnou designu. Ranné hokejky byly jednoduché konstrukce s delší zaoblenou hlavou (obr. 34). Z tohoto historického designu se dále vyvíjely až do dnešní podoby hokejek obou sportů. Prodloužená špička zůstala pouze u brankářských hokejek, která jim poskytuje větší brzdňou plochu.

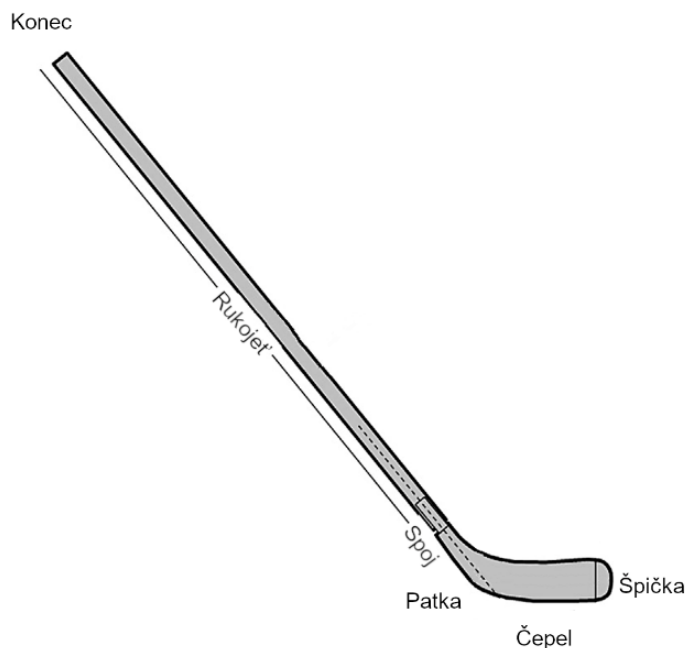


Obr. 34 Ranné hokejky na pozemní hokej (Schnorrbusch 2020)

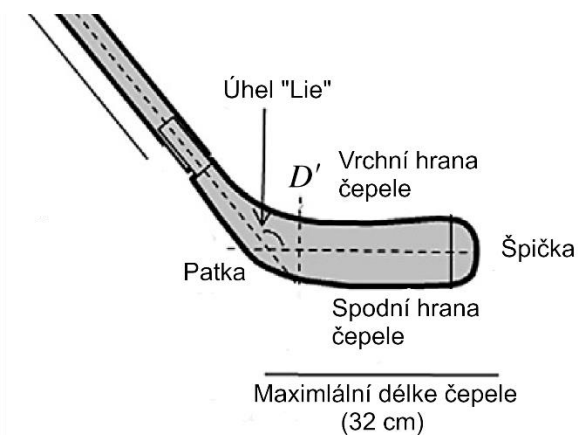
4.3.1.2 Hokejky pro lední hokej

Hokejka je nástroj používaný k ovládní pozice a pohybu puku při bruslení, při předávání nebo přijímání puku a ke střelbě směrem k síti protivníků. Lední hokej vyžaduje odlišnou sadu dovedností, a to prvotně kvůli jedinečným vlastnostem hrací plochy (ledu), jako je nízké tření povrchu a nízká teplota (10 až 3 °C). Hokejka v ledním hokeji má tvar písmene „L“ a jejími hlavními rysy jsou: rukojeť (přímá část hokejky) a čepel (část pro ovládní puku). Samotná čepel je předběžně upravena pro levou nebo pravou stranu. Její součástí je dále špička a pata (obr. 35) (Braghin 2016, Pearsall a Robbins 2019).

Hokejky se vyrábějí s různými úhly mezi čepelí a rukojetí, též nazývané „lie angles“. Tyto úhly jsou hodnoceny na stupnici od 4 do 8 (od 137° až po 129°) (obr. 36). Každý hráč si vybírá čepel tak, aby se mu dobře pracovalo s pukem, což bude naplněno za předpokladu, že patka spodní čepelí bude přiléhat k ledu. Dalšími atributy, které si hráč vybírá, jsou míra zahnutí a tvar čepelí, které včetně materiálu ovlivňují celkové vlastnosti hokejky (Pearsall a Robbins 2019, Hokej Floryk 2020).



Obr. 35 Základní design hokejky pro lední hokej (Pearsall a Robbins 2019)



Obr. 36 Detailní charakteristika čepel (Pearsall a Robbins 2019)

Stejně tak, jako je tomu u jiných sportů, má lední hokej vymezené některé rozměry užívaného náčiní. Rozměry hokejek, například maximální délka rukojeti, šířka a maximální hloubka zakřivení čepel, jsou definovány IIHF (International Ice Hockey Federation = Mezinárodní federace ledního hokeje) (Pearsall a Robbins 2019).

4.3.2 Materiály hokejek

Dřevo

Dřevo nacházelo a stále nachází uplatnění ve výrobě hokejek už od dob svého vzniku. Nejprve byly hokejky z jednoho kusu tuhé dřeviny. Takové hokejky byly těžké

a náchylné k pohlcování vlhkosti, což se projevilo kroucením. I přes tyto skutečnosti se vynalezly způsoby, jak dřevo ve výrobě lépe uplatnit. Díky tomu je dodnes dřevo využívaným materiálem jak v pozemním, tak v ledním hokeji (Pearsall a Robbins 2019).

V pozemním hokeji byly celodřevěné hokejky původně vyráběny z tvrdých dřevin – ořechovce a morušovníku – které se považovaly za nejlepší dřevinu pro výrobu. Mnohdy byly nahrazovány také jilmem nebo jasanem (Belzer 2011). První impulz, pro změnu vlastností hokejek, nastal s nahrazením přírodní travnaté hrací plochy, za syntetickou. Hokejky musely být přizpůsobeny rychlejší hře a většímu tlaku. Reakcí bylo vytvoření laminované hlavy. Vrstvením několika plátů dřeva spojenou pryskyřicí se přispělo k větší pevnosti hokejky, která umožnila větší přizpůsobení se v nové hře (Cains 2015). I dnes je dřevo využíváno v moderní hře pozemního hokeje, a to spíše formou kompozitu. Tyto hokejky jsou tvořeny dřevěným jádrem, které je vyztuženo sklolamináty, uhlíkovými vlákny nebo kevlary, což má výsledný efekt na výkon, hmotnost, sílu a tuhost hole i její cenu (Belzer 2011). Dřevěné hokejky jsou známé svým přirozeným pocitem a pevnou kontrolou, jakož i nižší cenou, jsou skvělé pro mladé a rozvíjející se hráče. I přesto se dnes najdou příznivci z řad profesionálních hráčů, kteří dávají přednost tradičním hokejkám (Sports Unlimited Inc. 2014). Přesnější specifikace o použití materiálů uvádí FIH. Ta např. uvádí mezinárodní certifikovanou hokejku sestávající se z morušového dřeva v oblasti hlavy a stébel cukrové třtiny v oblasti rukojeti. Sekce hokejky jsou dále laminovány již zmíněnými umělými materiály (Anders a Myers 1999).

Obdobně jsou na tom hokejky v ledním hokeji. Dřevěné hokejky nachází své využití především v pouličním hokeji. Jsou atraktivní volbou především pro dětskou hru. V lepších hokejkách je dřevo používáno jako základ, ve formě několika vrstev dřeva, které tvoří odolnou kvalitní překližku. Ta je vyztužena umělohmotnými materiály pro zvýšení pevnosti. První celodřevěné hokejky měly rukojeť z buku a čepel z jilmu. Prováděla se také laminace obvazem namočeným v epoxidové pryskyřici. Dnes jsou dětské dřevěné hokejky vyráběny převážně z bukové překližky, přičemž u dražších dětských hokejek bývají čepele zhotovovány z finské břízy. Profesionální hokejky používají pro čepele jasanové nebo břízové dřevo v kombinaci s umělohmotnými materiály (sklolaminát, kevlar apod.). Rukojeti jsou tvořeny osikovým dřevem, které jsou zpevněny na užších stranách překližkou či dýhou z finské břízy, eventuálně z buku. Širší plochy jsou více namáhány, proto jsou doplněny uhlíkovými pásy, v závislosti na požadované tuhosti (Novák 2015, Boyd 2018).

Výhody jsou v obou sportech pro dřevěné hokejky stejné. Patří mezi ně především nízká cena, lepší cítění puku/míče a mají nejlepší tlumení vibrací ze všech používaných materiálů. Tyto tlumící schopnosti jsou obzvlášť podstatné

v ledním hokeji, kde střílené puky dosahují rychlostí přes 160 km/h. Použitím dřeva dokážeme redukovat pocit štípání a nepohodlí v ruce hráče až čtyřnásobně oproti jiným materiálům (Hunt a Garcia 2012). Nevýhodami dnešních dřevěných hokejek jsou především vyšší hmotnost a jejich nízká flexibilita (Randle 2018).

Hliník

Poprvé byl hliník v ledních hokejkách představen v 80. letech 20. století. Myšlenkou bylo vytvořit lehkou dutou rukojeť z hliníku s vyměnitelnou dřevěnou nebo plastovou čepelí. Hliníkové rukojeti patří k nejpevnějším z používaných materiálům (tab. 5), přesto nedokázaly udržet podstatný podíl na trhu. Důvodem byl problém s vibracemi způsobující brnění v ruce a špatná schopnost cítit puk na hokejce (Randle 2018, Pearsall a Robbins 2019).

V pozemním hokeji se s hliníkem již nesetkáme. Hliník spolu s ostatními kovy byl ve hře z bezpečnostních důvodů zakázán, jelikož by se při zlomení stala smrtícím oštěpem (Ross 2008).

Kompozity

Kompozitní hokejky byly v 90. letech 20. století další generací hokejek. Kompozitní lední hokejky jsou vyrobeny z vrstev jednosměrného uhlíkového vlákna (CF – carbon fibre), které jsou naskládány na sebe. Změnou směru vrstev překližky lze dosáhnout požadovaného ohybu a tuhosti. Vnější vrstva je sklolaminát poskytující tuhost. Dalšími možnými materiály je např.: kevlar, hliník a titan. Všechny tyto moderní materiály mají jednu klíčovou vlastnost, díky které jsou pro výrobce hokejek tak zajímavé. Je tím především kombinace materiálu s nízkou hmotností a schopností ukládat a vracet velké množství energie. Výkon hokejky, respektive rychlost puku, je ovlivněna hlavně kontaktem puku s čepelí a ohybovou energií (Villaseñor et al. 2006, Hunt a Garcia 2012, Randle 2018). Kompozitní hokejky mají plnou čepel, zatímco rukojeti zůstávají duté. Jsou populární obzvláště v profesionálním hokeji. Oproti těm dřevěným jsou až o 300 gramů lehčí, umožňují lepší manipulaci s pukem a střílené puky dosahují vyšších rychlostí. Naproti tomu jsou ale podstatně dražší, mají větší náchylnost ke vzniku zlomu mezi čepelí a rukojetí, a to zejména při seknutí hokejkou protihráče. Taktéž nedosahuje tak dobrých tlumících vlastností, toho lze ale docílit přidáním absorberu vibrací, což je v tomto gumová vložka, která se umísťuje mezi rukojeť a čepel (Hunt a Garcia 2012, Novák 2015).

Podobně jsou na tom kompozitní hokejky v pozemním hokeji, jež jsou využívány spíše profesionálními hráči. Materiály jako jsou sklolaminát, uhlík a kevlar, tvoří vrstvu kolem dutého jádra. Hokejky na trhu se od sebe liší podílem jednotlivých materiálů.

Sklolaminát je lehký a zaručuje odolnost vůči oděru. Uhlíkové vlákna jsou ještě lehčí a pevnější, ale zajišťují výkonný odpal míčku. Oba materiály zároveň způsobují menší kontrolu a postrádají dobré tlumící vlastnosti. Pro je používán kevlar, používaný jako příměs k uhlíkovým vláknům, k zajištění tlumení vibrací v rukojeti a podpoře odolnosti vůči oděru. Dalším tlumícím prvkem lze použít např. keramickou pásku (Dick's Sporting Goods Inc. 2015, Decathlon 2020).

Tab. 5 Vlastnosti dřevěné, hliníkové a kompozitní rukojeti (Marino 1998)

Typ rukojeti	Hmotnost [g]	Pevnost v ohybu [N]	Mez pevnosti [N]
Dřevěná	691,5	625,8	430,3
Hliníková	633,2	668,2	524,7
Kompozitní	604,8	659,3	426,3

5 Shrnutí

Uplatňování dřeva ve sportu vychází již z dob starověku, kdy se rozvíjeli primitivní sportovní aktivity a činnosti. V těchto obdobích bylo využití dřeva téměř jedinou volbou pro výrobu sportovního náčiní a vybavení. Náčiním bývaly především kusy větví bez ohledu, o kterou dřevinu se jedná. Po nasbírání více zkušeností a dokonalejšímu porozumění dřeva, se využívalo jeho plného potencionálu ve výrobě sportovních pomůcek. Načež se kladl větší důraz na pečlivý výběr dřevin a docházelo ke zlepšení vlastností výsledných sportovních produktů.

Začátkem 30. let 19. století se u mnoha sportů, uplatňovaly laminované dřevěné konstrukce, které vznikly za účelem vylepšení pevnostních a dalších vlastností dřeva. Do této doby bylo dominantním materiálem ve výrobě sportovního náčiní, ačkoli bylo v několika případech kombinováno s ocelí. Revoluce v použití materiálu nastala až po 2. světové válce, kdy se na trhu začaly objevovat nové umělé materiály, převážně plasty.

Z hlediska vybraných sportů je dřevo z největší části využíváno s podporou umělých vláken – kevlarových, uhlíkových, skleněných a dalších. Jedná se především o lyže, snowboardy a hokejky, kde případné použití dřeva není na první pohled znatelné. V těchto případech je dřevo ve formě laminovaných jader obalených výstužnými vrstvami zajišťující vyšší pevnost a ochranu samotného jádra. Dřevěná jádra ve zmíněném náčiní musí odolávat nárazům, zachovávat tvar, zároveň být dostatečně pružné a pohlcovat co nejvíce vibrací. V lyžování a snowboardingu jsou dřevěná jádra znakem nejvyšší kvality a patří mezi dražší produkty. Zatímco u hokejek se jedná o levnější sortiment a jsou spíše zařazovány do kategorie hobby.

U surfování bývalo dřevo základní surovinou, která je už několika let v tomto sportu na ústupu. Dřevěná surfovací prkna byla skoro kompletně nahrazena umělohmotnými, které jsou ovladatelnější, bezkonkurenčně lehčí a na trhu cenově dostupnější. Ale ani umělohmotná prkna se neobejdou bez dřevěného prvku – středového pruhu – který činí prkno pružnější. Dřevěné masivní konstrukce dnes produkuje a používá jen zlomek nadšenců, kteří věří v udržitelnější a ekologičtější produkt.

U pálkovacích sportů – baseballu a kriketu – má dřevo nejvýraznější zastoupení. Dřevěné konstrukce pálek jsou z velké části podpořeny pravidly v profesionálních baseballových a kriketových ligách, kde je dřevo jediným povoleným konstrukčním materiálem. Je tomu rozhodnuto pro zachování bezpečnosti hráčů, kteří jsou v hracím poli ohrožováni odpálkovaným míčem. Částečně je to podpořeno pro zachování spravedlivosti hry, kdy rozhodují pouze schopnosti hráče. Svými optimálními

schopnostmi se stávají v těchto sportech téměř nenahraditelnými. Kriketová dřevěná pálka nenachází konkurenci a pro výrobu se používají jen druhy pěstované ve Spojeném království a oblasti Kašmíru v Indii, s možnou kombinací rukojeti z cukrové třtiny. Pro dřevěné baseballové pálky je nejvíce využíváno dřevin javoru, jasanu a břízy. V amatérském sportu lze ty dřevěné nahradit hliníkovými a kompozitními pálkami (kombinující více materiálů), které jsou pro amatérské a školní týmy cenově efektivnější variantou, jelikož vydrží i několik sezón a ulehčují hru méně zkušeným hráčům.

Jediným z uvedených sportů, ve kterém dřevo již nenachází uplatnění je tenis. Po mnoha desetiletí byly tenisové rakety z ohýbaného nebo laminovaného dřeva dominantním materiálem pro jejich výrobu. Převahu ztrácelo až od roku 1970 kdy se uplatnily více materiály jako ocel a hliník. V nadcházejících letech vstoupily na trh kompozitní materiály (především uhlík a grafit), které si dodnes udržují převládající pozici ve výrobě tenisových raket. Dnes jsou dřevěné rakety spíše záležitostí sběratelů a většinu zachovaných najdeme v muzeích.

6 Závěr

V této práci jsem se zabývala charakteristikou sportovního nářadí a vybavení ze dřeva pro vybrané jednotlivé skupiny kolektivních i individuálních sportů, s rozbořem z hlediska jejich využití v minulosti a současnosti.

Již na základě obecného přehledu využití materiálů ve sportovním náčiní a vybavení, lze dřevo shledat velmi významným a v mnoha případech nenahraditelným materiálem k výrobě sportovních výrobků. Z práce je zřejmé, že u některých sportů je dřevo stále převládajícím materiálem a za několik desetiletí se nijak zvlášť jeho použití nezměnilo. Je tomu tak hlavně pro optimální výkonnost dřevěných prvků daného vybavení. Ba naopak u sportů s důrazem na zlepšení výkonosti sportovců, bylo dřevo částečně nebo kompletně vytěsněno, jelikož požadavky na pevnost a nízkou hmotnost se staly příliš vysokými. I z tohoto důvodu se v řadě náčiní s obsahem dřeva rozmohl trend využívání extrémně lehkých dřevin, jako paulovnie a balsa, nebo např. bambus, které jsou pro výrobce atraktivní poměrem hmotnosti a pevnosti.

Z hlediska budoucího vývoje lze předpokládat, že u sportu, kde jsou vysoké nároky na výkonnost hráče, budou nadále upřednostňovány materiály nejvyspělejších technologií. Zatímco u sportů s požadavky na optimální výkon bude pravděpodobně dřevo zachováno, a to nejméně do té doby, než se vynalezne stejně vyhovující materiál podobných vlastností, nebo dokud se nezmění samotné požadavky na jednotlivé vybavení sportů. Taktéž je dosti pravděpodobné, že i přes veškeré množství nových návrhů a technologií ve sportovním vybavení, tu budou stále tací, kteří budou zastávat tradiční dřevěné konstrukce. Taktéž lze počítat s tím, že s narůstajícím trendem na šetrnost k životnímu prostředí, budou stále lidé přicházet s mnoha alternativními konstrukčními návrhy a možnostmi použití dřeva v mnoha sportovních náčiní a vybavení.

7 Literatura

ALLEN, John, 2020. skiing | History, Events, Equipment, & Facts. *Encyclopedia Britannica* [online] [vid. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/sports/skiing>

ANDERS, Elizabeth a Sue MYERS, 1999. *Field hockey*. Champaign, IL: Human Kinetics. Steps to success. ISBN 978-0-88011-673-2.

BELZER, Les, 2011. Differences Between Indoor & Outdoor Field Hockey Sticks? *SportsRec* [online] [vid. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.sportsrec.com/wood-used-make-hockey-sticks-5094759.html>

BENSON-WORTH, Kim, 2013. Role of materials & design on performance of baseball bats. *Theses* [online]. Dostupné z: <https://digitalcommons.njit.edu/theses/178>

BEST SOCCER BUYS SPORTING GOODS, INC., 2020. [online] [vid. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.cricketequipmentusa.com/cricket-bats>

BOARDCAVE.COM, 2015. Surfboard Tails Rails and Noses | Boardcave USA. *Board cave* [online] [vid. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://www.boardcave.com/the-surfers-corner/surfboard-shapes-tails-rails-and-noses/>

BOK, Matt, 2019. Types of Wood Baseball Bats (and How to Choose One). *The Hitting Vault* [online]. [vid. 2020-02-13]. Dostupné z: <https://thehittingvault.com/types-of-wood-baseball-bats/>

BOYD, Kevin, 2018. Wood and sports. *Aged Woods, Inc.* [online]. [vid. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://www.agedwoods.com/wood-and-sports/>

BOŽÁK, Pavel, 2015. Co tvoří lyži aneb tuhost, flexe, hmotnost a materiály. *SNOW.CZ - vše o lyžování* [online] [vid. 2020-05-14]. Dostupné z: <https://snow.cz/clanek/3654-co-tvori-lyzi-aneb-tuhost-flexe-hmotnost-a->

BRAGHIN, Francesco, ed., 2016. *The engineering approach to winter sports*. New York: Springer. ISBN 978-1-4939-3019-7.

BRUCE, Morys G. L. a Barry Steve LORGE, 2020. Tennis | Rules, History, Prominent Players, & Facts. *Encyclopedia Britannica* [online] [vid. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/sports/tennis>

CAINS, Tom, 2015. *The Materials and Technology used in the Design of Hockey Sticks* [online] [vid. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=11710>

CARLISLE, Graeme Nigel, 2011. *Stiffness variation in hockey sticks and the impact on stick performance* [online]. University of Birmingham. Dostupné z: <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/3716/1/Carlisle12MRes.pdf>

CASEY, H., 2003. 12 - Materials in skiing. In: Mike JENKINS, ed. *Materials in Sports Equipment* [online]. Cambridge: Woodhead Publishing, s. 326–341 [vid. 2020-01-28]. ISBN 978-1-85573-599-6.

CLIFTON, Patrick et al., 2013. Snowboard technology. *Routledge Handbook of Sports Technology and Engineering* [online] [vid. 2020-03-20]. Dostupné z: doi:10.4324/9780203851036-24

CROSS, Rod, 2011. *Physics of Baseball & Softball*. New York: Springer. ISBN 978-1-4419-8112-7.

CURIOSREAD.COM, 2008. The Science Behind Breaking Baseball Bats. *Curious Read* [online] [vid. 2020-02-26]. Dostupné z: <http://www.curiousread.com/2008/10/science-behind-breaking-baseball-bats.html>

DECATHLON, 2020. HOCKEY STICK - HOKEJKA FH900 LOW BOW. *DECATHLON* [online] [vid. 2020-04-13]. Dostupné z: https://www.decathlon.cz/hokejka-fh900-low-bow-id_8510872.html

DICK'S SPORTING GOODS, INC, 2015. How to Choose a Field Hockey Stick. *PRO TIPS by DICK'S Sporting Goods* [online]. [vid. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://protips.dickssportinggoods.com/sports-and-activities/more-sports/choosing-a-field-hockey-stick-2>

DUJOVNY, Manuel, Onyekachi IBE a Eimir PEREZ-ARJONA, 2009. Baseball bats: a silent weapon. *Neurological Research* [online]. 31, 1005–1011. Dostupné z: doi:10.1179/174313209X385716

DURYEA, Brian, 2019. Composite, Aluminum, Hybrid or Wood Bat | BatDigest.com. *Bat Digest* [online]. [vid. 2020-02-28]. Dostupné z: <https://www.justbatreviews.com/buying-guide/composite-aluminum-hybrid-or-wood-bat/>

EASTERLING, K. E., 1993. *Advanced materials for sports equipment: how advanced materials help optimize sporting performance and make sports safer* [online]. ISBN 978-94-011-1556-8. Dostupné z: doi:10.1007/978-94-011-1556-8

EFTAXIOPOULOU, Theofano, Arun NARAYANAN, John P. DEAR a Anthony M. J. BULL, 2012. A performance comparison between cricket bat designs [online]. Dostupné z: doi:10.1177/1754337111425629

FALLON, Patrick Lawrence a A. James SHERWOOD, 2003. A Study of the Barrel Constructions of Baseball Bats. Dostupné z: https://www.uml.edu/docs/A%20Study%20of%20the%20Barrel%20Constructions%20of%20Baseball%20Bats%20by%20Fa%E2%80%A6_tcm18-60852.pdf

FELDMANN, Kim, 2020. The History of Surfboard Design. *Surf Simply* [online] [vid. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://surfsimply.com/surfboards/the-history-of-surfboard-design/>

FISCHER, I. Stanley, Gerald ESKENAZI a W. Shirley FISCHER, 2020. Ice hockey | History, Rules, & Equipment. *Encyclopedia Britannica* [online] [vid. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/sports/ice-hockey>

FLAMASURF, 2020. Wood surfboards. *Flama Surf - Natural Surfing Evolution* [online] [vid. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://flamasurf.com/content/9-wood-surfboards>

FORTIN-SMITH, Joshua et al., 2019. A Finite Element Investigation into the Effect of Slope of Grain on Wood Baseball Bat Durability. *Applied Sciences* [online]. 9, 3733. Dostupné z: doi:10.3390/app9183733

-
- FREE THE POWDER GLOVES., 2020. History of Snowboarding. *Free The Powder Gloves* [online] [vid. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.freethepowder.com/pages/history-of-snowboarding>
- GRAFF, Frank, 2017. *Wood vs. aluminum baseball bats: Why the difference is game changing* | *UNC-TV: Science* [online] [vid. 2020-02-16]. Dostupné z: <http://science.unctv.org/content/reportersblog/wood-aluminum-baseball-bats>
- HOKEJ FLORYK, 2020. *Jak správně vybrat hokejku?* | *Hokejfloryk.cz* [online] [vid. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.hokejfloryk.cz/jak-spravne-vybrat-hokejku/>
- HORTON, 2020. Wood Bat Guide. *Diamond Sport Gear* [online] [vid. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.diamondsportgear.com/blogs/news/wood-bat-guide>
- HUNT, Linda a Isaac GARCIA, 2012. Implementation of a vibration absorber for composite hockey goalie sticks. *Procedia Engineering* [online]. 34, ENGINEERING OF SPORT CONFERENCE 2012, 349–354. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2012.-04.060
- INTERNATIONAL HOCKEY FEDERATION, 2020. *History of Hockey* | *FIH* [online] [vid. 2020-04-05]. Dostupné z: <http://www.fih.ch/hockey-basics/history/>
- INTERNATIONAL TENNIS FEDERATION, 2019. *International Tennis Federation* | *ITF* / *ITF* [online] [vid. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://www.itftennis.com/en/>
- IT'S JUST CRICKET LTD, 2020. *Bat Care* | *Knocking-In Service* | *Knocking-In by Hand* [online] [vid. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.itsjustcricket.co.uk/bat-care-knocking-in-service-i37>
- JENKINS, Mike, ed., 2003. *Materials in sports equipment*. Boca Raton, Fla.: CRC Press [u.a.]. ISBN 978-1-85573-599-6.
- JOHN WILEY & SONS INC., 2020. Choosing a Tennis Racquet. *Dummies* [online] [vid. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://www.dummies.com/sports/tennis/choosing-a-tennis-racquet/>
- KATIYAR, Ashish, Syed MURTAZA a Shamshad ALI, 2016. Critical Analysis on The Design and Use of Materials in Cricket Bat Handles. 6, 223–228.
- KELLEY, James, 2005. *Baseball*. Rev. ed. New York: DK Pub. DK eyewitness books. ISBN 978-0-7566-1061-6.
- LABRECQUE, Ellen, 2018. *Ice Hockey*. Ann Arbor, UNITED STATES: Cherry Lake Publishing. ISBN 978-1-53410-752-6.
- LAMMER, H. a J. KOTZE, 2003. 9 - Materials and tennis rackets. In: Mike JENKINS, ed. *Materials in Sports Equipment* [online]. Cambridge: Woodhead Publishing, s. 222–248 [vid. 2020-01-28]. ISBN 978-1-85573-599-6.
- LAVER & WOOD LTD, 2020. Bat Handles. *Laver & Wood* [online]. [vid. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.laverwood.com/bat-selection/bat-handles/>
- LÁZŇOVSKÝ, Matouš, 2018. Jak se vyrábějí lyže. Dřevo ničím nenahradíš. *iDNES.cz* [online] [vid. 2020-05-14]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/technika/jak-se-vyrabi-lyze-sjezdovky-bezky.A180118_201000_tec_tecnika_mla
-

LIND, David A. a Scott P. SANDERS, 2010. *The physics of skiing: skiing at the triple point*. 2. ed. New York, NY: Springer. ISBN 978-1-4419-1834-5.

LONGMORE, Andrew a at al., 2020. cricket | Origin, Rules, & Facts. *Encyclopedia Britannica* [online] [vid. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/sports/cricket-sport>

LUND, Morten, 1996. A short history of alpine skiing. *Skiing Heritage Journal*.

MACIAS, Glenn, 2019. Physical Education and Sports Training [online]. Waltham Abbey Essex: EDTECH [vid. 2020-04-27]. ISBN 978-1-83947-371-5

MARCUS, Ben, Juliana MORAIS, Jeff DIVINE a Gary LINDEN, 2010. *The Surfboard: Art, Style, Stoke*. [online]. Minneapolis; Osceola: MVP Books [Imprint] MBI Publishing Company LLC MBI Distribution Services/Quayside Distribution [distributor] [vid. 2020-05-06]. ISBN 978-0-7603-3886-5.

MARINO, Wayne G., 1998. BIOMECHANICAL INVESTIGATIONS OF PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF VARIOUS TYPES OF ICE HOCKEY STICKS. *ISBS - Conference Proceedings Archive* [online]. [vid. 2020-04-13]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/1633>

MCC, 2020. *The Laws of Cricket | MCC* [online] [vid. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.lords.org/mcc/the-laws-of-cricket>

MECHANICSOFSPORT.COM, 2020. Snowboard Construction - Snowboarding Equipment - Mechanics of Snowboarding. *Mechanics of sport* [online] [vid. 2020-03-18]. Dostupné z: http://www.mechanicsofsport.com/snowboarding/equipment/snowboards/snowboard_construction.html

MINÁŘ, Marek, 2009. *Lidové řezbářství*. Praha: Grada Publishing a.s. ISBN 978-80-247-7557-9.

NASVAH.CZ, 2016. *Snowboardový Speciál #1: Jaké existují druhy a typy snowboardů?* | *NaSvah.cz* [online] [vid. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.nasvah.cz/clanky/snowboardovy-special-1-jake-existuji-typy-snowboardu/>

NOVÁK, František, 2015. Dřevo je sice pevnější než kompozit, ale materiál hokejek holt určují kluby – SWERD. *Drevařský magazín*. [31/03/2015]. Dostupné z: <http://www.drevmag.com/cs/reportaze/4370-drevo-je-sice-pevnejsi-nez-kompozit-ale-material-hokejek-holt-urcuji-kluby-swerd>

OLD HICKORY BAT COMPANY INC., 2020. Three types of woods used for custom pro wood bats. *Old Hickory Bat Company* [online] [vid. 2020-02-13]. Dostupné z: <https://oldhickorybats.com/pages/wood-bats-wood-species>

ORENSTEIN, Ethan, 2019. Wood Surfboards: Buoyant, Sexy, Natural. *WAVE ARCADE* [online]. [vid. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://wavearcade.com/hydro-dynamics-diy/board-design/wood-surfboards/>

PEARSALL, D. a S. ROBBINS, 2019. Chapter 10 - Design and Materials in Ice Hockey. In: Aleksandar SUBIC, ed. *Materials in Sports Equipment (Second Edition)* [online]. Cambridge: Woodhead Publishing, Woodhead Publishing Series in

Composites Science and Engineering, s. 297–322 [vid. 2020-01-28]. ISBN 978-0-08-102582-6. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-102582-6.00010-1

PEARSALL, David, Rene TURCOTTE a S.D. MURPHY, 2000. Biomechanics of ice hockey. *Exercise and Sport Science*. 675–692.

RANDLE, Justin, 2018. Composite vs Wooden Hockey sticks – Which should you choose? *Busy Playing Hockey!* [online]. [vid. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://busyplayinghockey.com/composite-vs-wooden-sticks/>

RICHARDSON, Alan, 2020. An Introduction To Surfing. *Street directory* [online] [vid. 2020-05-02]. Dostupné z: https://www.streetdirectory.com/travel_guide/38121/recreation_and_sports/an_introduction_to_surfing.html

ROSS, Stewart, 2008. *Higher, Further, Faster Is Technology Improving Sport?* [online]. New York, NY: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-71235-1.

SAYERS, A. T., M. KOUMBARAKIS a S. SOBEY, 2005. Surface hardness of a cricket bat after 'knock-in'. *Sports Engineering* [online]. 8(4), 233–240. ISSN 1369-7072, 1460-2687. Dostupné z: doi:10.1007/BF02844165

SHERWOOD, J. a P. DRANE, 2007. 6 - Design and materials in baseball. In: Aleksandar SUBIC, ed. *Materials in Sports Equipment* [online]. Cambridge: Woodhead Publishing, s. 159–184 [vid. 2020-01-28]. ISBN 978-1-84569-131-8. Dostupné z: doi:10.1533/9781845693664.2.159

SCHILLING, Philip Sebastian, 2009. Surfing History and Origins of Surfing. *Centralhome Dance, Fitness, Sports* [online] [vid. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://www.centralhome.com/Surfing-History.htm>

SCHNORRBUSCH, Emma, 2020. *The Evolution of Field Hockey Sticks | Sutori* [online] [vid. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://www.sutori.com/story/the-evolution-of-field-hockey-sticks--5QJEY5wcZhEPfuALYeqK6Rqu>

SINGH, Harsimranjeet a Lloyd SMITH, 2008. Describing the Performance of Cricket Bats and Balls. 8.

SMITH, Lloyd a Harsimranjeet SINGH, 2009. *An Examination of Cricket Bat Performance* [online] [vid. 2020-04-27]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/An-Examination-of-Cricket-Bat-Performance-Smith-Singh/105f5930070f7c2346d6be821751f3fee116aa3a#citing-papers>

SNOWBOARD-ASYLUM.COM, 2016. *Blog - Tech Series - What Goes Into a Snowboard Core? -TSA Blogs - The Snowboard Asylum* [online]. [vid. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.snowboard-asylum.com/news-and-blogs/tech-series-what-goes-into-a-snowboard-core>

SNOWTREX, 2020. Ski production - How skis are made - Steps of ski construction. *SnowTrex magazine* [online]. [vid. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://www.snowtrex.co.uk/magazine/equipment/how-skis-are-made/>

SPORT2ND, 2020. Difference between Kashmir Willow and English willow bats. *Sport2nd* [online] [vid. 2020-04-28]. Dostupné z: <http://sport2nd.in/kashmir-willow-vs.-english-willow-cricket-bats>

-
- SPORTS 3.0 PTY LTD., 2017. Why willow? The magic wood and English monopoly. *The Roar* [online]. [vid. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.theroar.com.au/2017/09/12/willow-magic-wood-english-monopoly/>
- SPORTS UNLIMITED, INC., 2014. Field Hockey Stick Buyers Guide. *SportsUnlimited* [online] [vid. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.sportsunlimitedinc.com/how-to-buy-a-field-hockey-stick.html>
- SUBIC, A. J. a A. J. COOKE, 2003. 13 - Materials in cricket. In: Mike JENKINS, ed. *Materials in Sports Equipment* [online]. Cambridge: Woodhead Publishing, s. 342–375 [vid. 2020-01-28]. ISBN 978-1-85573-599-6. Dostupné z: doi:10.1533/9781855738546.2.342
- SUBIC, A. a J. KOVACS, 2007. 7 - Design and materials in snowboarding. In: Aleksandar SUBIC, ed. *Materials in Sports Equipment* [online]. Cambridge: Woodhead Publishing, s. 185–202 [vid. 2020-01-28]. ISBN 978-1-84569-131-8. Dostupné z: doi:10.1533/9781845693664.2.185
- SURFERTODAY.COM, Editor at, 2020. The main types of surfboard foam blanks. *Surfertoday* [online] [vid. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://www.surfertoday.com/surfing/the-main-types-of-surfboard-foam-blanks>
- SURFSCIENCE.COM, 2020. *Surf Science | A Place To Learn About Surfing & Surfboards* [online] [vid. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://www.surfscience.com/>
- SURFSUPWAREHOUSE.COM, 2020. SURF BOARD SHAPES. *SURF SUP WAREHOUSE AU* [online]. [vid. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://surfsupwarehouse.com.au/board-talk/surf-board-shapes/>
- TALENT CRICKET LTD., 2020. *Custom Made Grade 2 Cricket Bat* [online] [vid. 2020-04-26]. Dostupné z: https://www.talentcricket.co.uk/cricket_bats/c30.html?page=2
- Taraborrelli, L. & Grant, Robyn & Sullivan, Matthew & Choppin, Simon & Spurr, James & Haake, Steve & Allen, Tom. (2019). Materials Have Driven the Historical Development of the Tennis Racket. *Applied Sciences*. 9. 4352. 10.3390/app9204352.
- TENNIS-POINT GMBH, 2020. buy Yonex Ezone DR 98 Grommet Set - Black online | Tennis-Point. *tennis-point* [online] [vid. 2020-04-01]. Dostupné z: <https://www.tennis-point.com/yonex-ezone-dr-98-grommet-set-black-0197420121500000.html>
- THOMAS, Gary, 2013. Material Innovations In Snowboards and Skis. *AZoM.com* [online] [vid. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=8054>
- TOPEND SPORTS, 2020. About Indoor Field Hockey. *Topend sports* [online] [vid. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://www.topendsports.com/sport/list/hockey-field-indoor.htm>
- VEA, Crystal, 2012. Difference between Field Hockey and Ice Hockey. *calameo.com* [online] [vid. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.calameo.com/read/000859772ce61903b2a23>
- VILLASEÑOR, Alejandro, Rene TURCOTTE a David PEARSALL, 2006. Recoil Effect of the Ice Hockey Stick during a Slap Shot. *Journal of Applied Biomechanics* [online]. 22, 202–11. Dostupné z: doi:10.1123/jab.22.3.202
-

WARK, Stuart, 2017. *How a stick became a weapon of mass destruction* | *ESPNcricinfo.com* [online] [vid. 2020-02-17]. Dostupné z: https://www.espnricinfo.com/story/_/id/18611860/stuart-wark-evolution-cricket-bat

WEISSHÄUTEL, J. 1995 Průvodce běžeckým lyžováním. *Ski magazín.*, 3, s. 16-18.

WICKET TO WICKET, 2019. What Are The Parts Of A Cricket Bat Called? (The Full Anatomy). *Wicket To Wicket* [online]. [vid. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://wickettowicket.com/parts-of-a-cricket-bat-called/>