

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra technické a informační výchovy

Bakalářská práce

Daniel Čtvrtlík DiS.

**Vzdělávací projekt: výroba středověkého vrhacího stroje
s žáky druhého stupně ZŠ – možnosti implementace
mezipředmětových vztahů fyziky, techniky a historie**

Olomouc 2019

Vedoucí práce: RNDr. Miroslav Janu, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne

Podpis autora práce

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu RNDr. Miroslavu Janu Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování mé bakalářské práce.

Mé poděkování patří též rodině, přítelkyni a všem, kteří jakýmkoliv způsobem přispěli svou pomocí a pomohli mi dokončit tuto práci.

Obsah

Úvod.....	6
Teoretická část	7
1 Projektová výuka.....	7
1.1 Projekt a projektová výuka	7
1.2 Fáze projektu.....	9
1.3 Tematická a projektová výuka	10
1.4 Výhody a nevýhody projektové výuky	11
1.4.1 Výhody	11
1.4.2 Nevýhody	12
1.5 Mezipředmětové vztahy.....	12
2 Obléhací vrhací stroje.....	14
2.1 Historie.....	14
2.2 Druhy vrhacích strojů	15
2.3 Torzní válečné stroje.....	16
2.4 Pákové vrhací stroje.....	17
2.5 Velké kuše.....	19
Praktická část	21
3 Projekt „katapult“	21
3.1 Plánování projektu	21
3.2 Stanovení cíle.....	21
3.3 Plán řešení.....	22
3.4 Realizace plánu	24
3.5 Bezpečnost práce	25
3.6 Výrobní postup	26
3.7 Využití vyučovaných předmětů během výrobního procesu	30
3.8 Vyhodnocení	31

3.9	Úskalí projektu.....	32
3.10	Prezentace projektu a technické zkoušky	33
	Závěr	36
	Seznam literatury	37
	Seznam zkratek	38
	Seznam příloh.....	38
	Anotace	40

Úvod

Cílem mé bakalářské práce je vytvořit vzdělávací projekt pro žáky druhého stupně základní školy. Mou snahou je, pomocí mezipředmětových vztahů, vyučovací předměty spojit a využít teoretických znalostí, které žáci mají. V projektu mohou rozvíjet svůj potenciál a pomocí projektové výuky rozšiřovat své dovednosti a zkušenosti při řešení různých problémů. Výsledkem by měl být model funkčního vrhacího stroje. Tento model stroje je historií inspirovaný, není cílem vytvořit přesnou historickou kopii, pouze se k historii přiblížit a dosáhnout co nejbližší podobnosti.

V první kapitole vymezuji základní problematiku projektové výuky, její dělení, časté zaměňování s tematickou výukou, výhody a nevýhody a mezipředmětové vztahy, které jsou důležitou součástí projektové výuky. Toto teoretické ukotvení projektové výuky je důležité zvláště pro pedagogy, kteří projektové vyučování chtějí začít využívat nebo chtějí použít tento projekt.

V další kapitole se věnuji historii vrhacích strojů, jejich dělení a používání, prvním zmínkám a dokladům v historii. Tato kapitola je nedílnou součástí pochopení, jak stroje fungují. Pro lepší porozumění jsou v kapitolách přidány obrazové přílohy.

V praktické části je pak návrh vzdělávacího projektu, výroba funkčního modelu, úskalí projektu, vyhodnocení a technické zkoušky, které potvrzují historicky doložená fakta. Součástí je také podrobná technická dokumentace.

Teoretická část

1 Projektová výuka

V kapitole projektové výuky se chci věnovat vymezení základních pojmů, rozdělení částí projektové výuky, zasazení projektů do výuky a jejímu častému srovnávání s tematickým vyučováním. Dále mezipředmětovým vztahům a snahám propojovat učení se zábavou a praktickou dovedností.

1.1 Projekt a projektová výuka

Pro mnoho škol slovo projekt získalo význam moderně pojatého vyučování, které se propojuje s reálným životem. Bohužel se stává, že za projektovou výuku je považováno vše, co se liší od frontální výuky. Může se jednat o skupinovou práci ve výuce, exkurzi, výlet s tematickou vycházkou nebo prohlídkou, interaktivní přednášku nebo vánoční vyrábění v dílnách. Metody projektové výuky jsou často používány náhodně nebo částečně, a také se můžeme setkat s názorem, že je projekt vnímán pouze jako atraktivní vybočení z výuky, které má nahradit vyučování. Tím se pro některé projekt stává ztrátou času (Kindlmannová, 2013). Na druhou stranu Dömischová (2011) uvádí, že základní charakteristiky, které vymezují projekt, jsou řešení jednoho nebo více úkolů či problémů. Jako další velký rys uvádí komplexnost.

Už z názvu „projekt“ vyplývá, že se jedná o návrh nebo způsob, jak dosáhnout konkrétního cíle. Základem je tedy správná organizace plánu, které je potřeba věnovat čas a úsilí. Příprava takového projektu nás tedy vede k získávání informací, komunikování, spolupráci. Hlavním „motorem“ by pro nás však měla být motivace. Projekt má smysl tehdy, pokud jsme mu ochotni věnovat své úsilí. Projektová výuka se tak stává metodou, při níž žáci nabývají poznatků, které potřebují k realizaci konkrétního produktu. Aby bylo možné dosáhnout cíle, musí práce na projektu probíhat systematicky, práce musí být promyšlená a v logicky sestaveném sledu činností (Kindlmannová, 2013). Jako velkou výhodu uvádí Tomková (2009) množství informací zkušeností, ze kterých mohou žáci čerpat a využít je v projektu.

Projektová výuka se také potýkala se značnou kritikou a odmítavým přístupem. Pokud není zavádění metodicky přesné, přináší u žáků sice vědomosti, ale nejsou systematicky zařazené. I přesto práce v projektech dodává nejen žákům, ale také učitelům větší samostatnost a autonomii vůči škole nebo vůči osnovám. Projekty se snaží překonat strnulost ve výuce a dávat tak možnost žákům věnovat se zajímavým a užitečným aktivitám. Téma projektu by

mělo spojovat práci rukou i hlavy. Hlavní zásadou při vymezení projektu je tedy vyzdvihnout komplexnost úkolu, který se bude řešit, neboť cílem je osvojit si potřebné dovednosti a znalosti (Maňák, 2003).

Klasifikace

Projektová výuka je organizována v delším časovém úseku. Nerozhoduje zde rozvrh nebo vyučovací hodiny, ale řešení problému. Každý úkol je tak potřeba si důkladně rozvrhnout. Projekty můžeme také rozdělit, a to do několika kategorií nebo typů.

Projekty dělíme podle času:

- krátkodobé
- střednědobé
- dlouhodobé

Podle iniciátora projektu:

- projekt navržený žákem
- učitelem
- kolektivem

Podle účelu nebo také smyslu:

- projekt zaměřený na prožitek
- tvořivý projekt
- hodnotící projekt
- projekt zaměřený na řešení problému

Z hlediska organizačního:

- jednooborový
- víceoborový
- průřezový

Z hlediska informačního:

- volné zdroje
- vázané zdroje
- kombinace volných a vázaných zdrojů

Podle počtu účastníků:

- třídní projekt
- skupinový
- školní

Takovéto dělení nebo také typy projektů uvádí Kindlmannová (2013), Jezberová (2011) a Dömischová (2011). U Kindlmannové (2013) se můžeme setkat s jednodušším a stručnějším dělením. Velmi podrobné dělení, rozšířené ještě o další kategorie, uvádí Jezberová a Dömischová. Autoři tak uvádí podobná dělení jen s odchylkami, co se týká názvů a množství.

1.2 Fáze projektu

Podle Maňáka (2003) se dá projekt rozčlenit na několik fází. Důležité je však dodržení systematickosti a toto rozdělení podle bodů má své opodstatnění:

1. **Stanovení cíle** - Při stanovení cíle je důležité zjistit, zda je cíl vhodný a realizovatelný s ohledem na podmínky, ve kterých se nacházíme. Významnou úlohu hraje motivace žáků. Pokud se žáci neztotožní s tématem a nepřijmou ho, jejich motivace bude mizivá nebo žádná. Žáci se v tématu musí zhlédnout a přijmout ho.
2. **Vytvoření plánu řešení** – Tento bod představuje zásadní moment, který předurčuje výsledek. Plán je nutné řádně prodiskutovat a správně stanovit úkoly pro každého žáka. Současně je třeba odhadnout spotřebu materiálu nutného k projektu, kalkulaci celkových nákladů, zajistit také zodpovědnost za plnění daných úkolů a způsobu prezentace výsledků (vedení dokumentace, výroba modelu atd.). Vypracovaný plán musí být přístupný všem, kteří se podílí na projektu a také kvůli průběžné kontrole.
3. **Realizace plánu** – Plnění plánu musí být opřeno o pozorné a kritické kontrolování vedoucím, který sleduje aktuální stav a srovnává jej. Realizují se všechny aktivity v plánu, které jsou nutné k dosažení výsledku. Může jít o aktivity například: vyhledávání a shromažďování potřebných informací, vytváření dokumentace, měření, výroba, oprava nezdařených pokusů atd. Zde žáci plně využívají svůj potenciál, učí se, vnímají, pozorují, experimentují, spolupracují, využívají své nadání, mají odpovědnost za svěřený úkol atd.
4. **Vyhodnocení** – Konečný projekt je nutné objektivně posoudit i z pohledu přínosu jednotlivých aktérů. Podstatnou částí projektu je zveřejnění výsledku a celkového zhodnocení. S konkrétními výstupy je třeba seznámit školu nebo širší veřejnost, tento výstup má velký vliv na všechny, kteří se na projektu podíleli. Zveřejnění přináší

uspokojující pocit a zvyšuje sebevědomí a důvěru ve vlastní schopnosti, což se v tradiční výuce většinou nedostavuje (Maňák, 2003).

Kindlmanová (2013), Dömischová (2011) i Jezberová (2011) uvádí podobným způsobem řešené schéma, pouze s drobnými změnami. Všichni autoři schéma nebo fáze projektu uvádí ve čtyřech bodech, jen pojmenování se liší. Ve výsledku se však shodují.

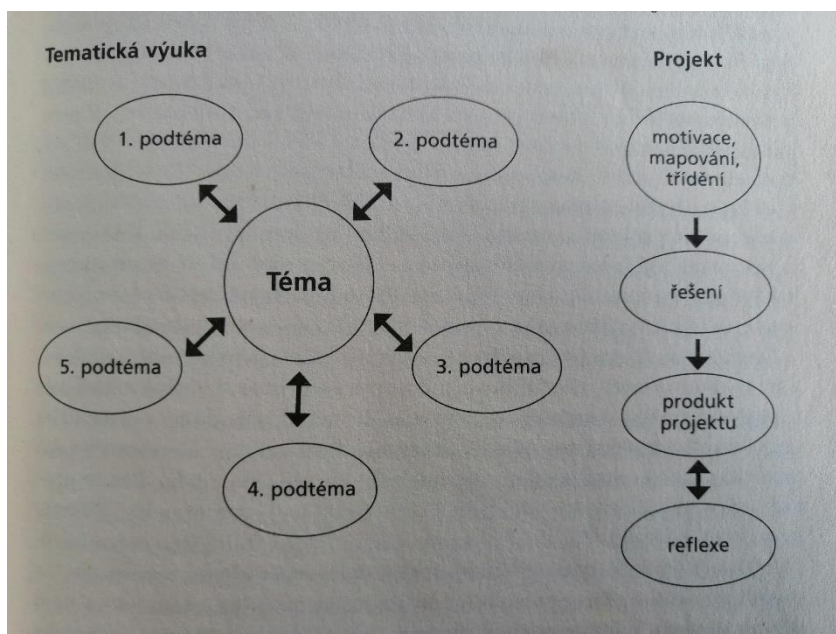
1.3 Tematická a projektová výuka

Dalším termínem, se kterým se můžeme setkat a který se srovnává s projektovou výukou, je tematická výuka. Mezi nimi je však rozdíl. U tematické výuky zvolené téma prorůstá vzdělávacími předměty. Nemusí tak docházet k žádným změnám v rozvrhu, pouze se propojuje výuka. Toto propojení je možné vést až do bloku, ve kterém propojíme výuku několika předmětů. Z organizačního hlediska je tematická výuka jednodušší a méně náročnější než výuka projektová.

U hlavního tématu dochází k dělení na podtémata. Žáci se s podtématy postupně seznamují v libovolném pořadí. Dané téma je možné zkoumat a rozebrat v širších souvislostech, je také možné nahlížet na něj z různých úhlů pohledu, a tak si utvářet vlastní obraz o problému.

Smyslem tematické výuky je

problém nebo téma poznat. Zatímco v tematické výuce jde o poznání, v projektové výuce jde o použití. Žáci se učí řešit daný úkol nebo problém. Produkt, který vytvoří, je to, co dává projektu význam. Během projektu musí nasbírat různé vědomosti a poznatky, které se ho týkají. Ke splnění projektu jsou tyto poznatky nezbytné. U tematické výuky může být postup seznámení se s tématem libovolný, u projektu probíhá sled činností jasně a systematicky za sebou a také probíhá v delším časovém úseku (Kindlmanová, 2013). Tomková (2009) ještě dodává, že tematická výuka může sloužit k hledání a sběru informací pro projektovou výuku, a tedy dochází k propojování nebo zaměňování těchto dvou termínů. U projektové výuky je však žakovým úkolem plně přebírat odpovědnost a systematicky se skrze jednotlivé body



Obrázek 1 Schéma tematické výuky a projektu. Zdroj: Tomková, 2009, str.15

dopracovat až ke kýženému výsledku, zatímco u tematické výuky postup není jasně definovaný.

1.4 Výhody a nevýhody projektové výuky

Jako každá vyučovací metoda tak i projektová výuka má své výhody a nevýhody. Je jednou z mnoha inovací jak realizovat ŠVP. Projektová výuka je důležitá metoda, jak nahrazovat klasickou výuku, avšak není nejdůležitější (Jezberová, 2011). Dobrý pedagog, který ji chce využít, by tak měl znát všechna její úskalí a také by měl tyto problémy umět řešit (Novotný, 2012).

Ivona Dömischová (2011) se na výhody dívá ze čtyř hledisek. Z hlediska procesu učení, z hlediska pohledu žáka, z hlediska pohledu učitele a z hlediska školy jako instituce. Nevýhody dělí pouze do tří oblastí, vynechává oblast procesu učení.

1.4.1 Výhody

Jedna z mnoha výhod, kterou přináší projektová výuka, je silná motivace. Žáky baví práce na projektech, podporuje jejich sebevědomí, žáci jsou nuceni společně spolupracovat, komunikovat, řešit problémy a formulovat své názory. Slabší žáci mají možnost se uplatnit a vyniknout (Jezberová, 2011). Rozvíjí se tvořivost a fantazie žáků při řešení rozličných problémů. Učí se hledat a používat informace, které potřebují k dalšímu posunu v projektu. Během projektu se rozvíjí řada kompetencí, jako je odpovědnost, samostatnost, spolupráce. Dochází k větší socializaci žáků. Nenásilným způsobem žáci získávají poznání, o které jeví vlastní zájem. Z určitého hlediska se jedná o školu hrou, protože žák nachází smysl poznání a vzdělávání, které má spojitost s reálným životem. Uvědomuje si svou hodnotu, plně věnuje svou pozornost tématu a škola se pro něj stává prostředím, které rád navštěvuje (Novotný, 2012).

Z pohledu hledisek, které uvádí Dömischová (2011), je důležité dodat, že pomocí projektové výuky můžeme dosahovat cílů, které stanovuje RVP ZV¹. Dochází k všestrannému rozvoji osobnosti žáka. Projekt se stává přípravou na řešení problémů v životě, neboť je nucen řešit problémy spojené s projektem. Dále se mění role učitele, stává se partnerem a orientuje se na organizaci projektu. Žáci a učitel se dostávají do bližšího kontaktu, posiluje se přirozená autorita a jejich vztahy. Zároveň se škola otvírá více veřejnosti, projekty je možné prezentovat a tím propagovat školu.

¹ Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání

1.4.2 Nevýhody

Tak jako má projektová výuka mnoho výhod, přináší s sebou značné množství rizik nebo také nevýhod. V první řadě se to týká kompetencí pedagoga. Projekt je náročný na přípravu, organizaci a jeho celé řízení. Je nutné, aby pedagog bral v potaz volnost a odpovědnost žáků. Pokud by došlo k přílišnému uvolnění a benevolenci, smysl projektu by se mohl vytratit (Novotný, 2012). Dalším úskalím je čas, který je třeba projektu věnovat, materiál, pomůcky a vybavení nutné k uskutečnění projektu. Pokud není toto zázemí řádně zajištěno, projekt směřuje k zániku (Jezberová, 2011). Dle fází projektu se zajištění a vybavení týká druhého bodu, viz kapitola 1.2 Fáze projektu. Projektová metoda je také ohrožena, pokud je nadměrně často používána. Velkým rizikem se v neposlední řadě stává pedagog sám. Nedostatek času na řádnou přípravu, nedostatečné schopnosti k vedení, organizaci, špatná nebo nedostatečná zkušenost a neznalost principů. Všechny tyto faktory mohou nevhodně ovlivnit projektovou výuku (Dömischová, 2011).

I přes výrazná úskalí a nevýhody, které projektová výuka přináší, je učení formou projektů žádoucí na všech úrovních vzdělávání. Je tedy třeba se před využitím této metody s ní řádně seznámit a porozumět výhodám a nevýhodám (Jezberová, 2011).

1.5 Mezipředmětové vztahy

Jedním z velmi důležitých aspektů jsou vzájemně provázané vztahy předmětů. Toto provázání je velmi patrné v projektové výuce. Projekt se tak stává metodou, která překonává vytvořené a zažité hranice mezi jednotlivými předměty a dochází tak ke sloučení v celek. Žák tak může upírat svůj pohled na oblast z uceleného úhlu pohledu. Učivo, které je integrované do projektu, je pro žáka motivující, vede ho k rozvíjení samostatného a logického myšlení. Integruje se tak do praktických životních situací. Obory od sebe velmi vzdálené je tedy možné v projektové výuce spojovat a dát jim nový rozměr (Dömischová, 2011).

RVP vymezuje devět oblastí, ve kterých sdružuje jeden či více vzdělávacích oborů, které jsou si obsahově blízké. Jsou to tyto vzdělávací oblasti s obory:

- Jazyková a literární komunikace (Český jazyk, Cizí jazyk)
- Matematika a její aplikace (Matematika a její aplikace)
- Informační a komunikační technologie (Informační a komunikační technologie)
- Člověk a jeho svět (Člověk a jeho svět)
- Člověk a společnost (Dějepis, Výchova k občanství)

- Člověk a příroda (Fyzika, Chemie, Přírodopis, Zeměpis)
- Umění a kultura (Hudební výchova, Výtvarná výchova)
- Člověk a zdraví (Výchova ke zdraví, Tělesná výchova)
- Člověk a svět práce (Člověk a svět práce)

V úvodu jednotlivých vzdělávacích oblastí je uvedena jejich charakteristika a je naznačena jejich vzájemná návaznost (Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání, 2017). Škola tuto strukturu dle RVP může rozpracovat a rozčlenit do vyučovacích předmětů dle vlastních potřeb, zájmů nebo zaměření. Může vytvářet ze vzdělávacího oboru jeden nebo více vyučovacích předmětů. Vše tak, aby docházelo k rozvoji klíčových kompetencí u žáků. *„Základní podmínkou funkční integrace je kvalifikovaný učitel. Velmi důležitá je i spolupráce jednotlivých učitelů“* (Novotný, 2012, str. 10).

2 Obléhací vrhací stroje

V této kapitole se chci věnovat historii vrhacích strojů, jejich původu a využití. Dále rozdělení druhů vrhacích strojů, principu funkčnosti a technologii. Kapitola je rozdělena na čtyři podkapitoly. V první podkapitole se věnuji historii, v druhé podkapitole rozdělení vrhacích strojů do druhů. Každému druhu je pak věnována jedna podkapitola, ve které je uvedeno, na jakém principu stroj fungoval, kdy a kde se s ním můžeme setkat.

2.1 Historie

Historie vrhacích strojů jde ruku v ruce s počátkem stavby hradů. Technika dobývání, obléhací stroje a celková strategie již ve starověku dosahovala vysoké úrovně (Dvořáček, 2008). Přesné určení vzniku vrhacích strojů je však sporné. Jeden z autorů David Nicolle uvádí, „*Nimrod král babylonský, byl první, kdo sestrojil metací stroj, jehož tajemství mu prozradil sám d'ábel.*“ (Nicolle, 2008, str. 3). V oblasti Blízký východ byla ovšem komplexnost obléhacích strojů známa velmi dlouho. Kořeny nacházíme ve starověkém Římě, Řecku i Íránu (Nicolle, 2008).

Další autor Jeremy Black dodává, že sofistikovaný způsob obléhání také dokazují reliéfy v Asýrii, kde se můžeme setkat i s obléhacími věžemi. Současně uvádí, že od 5. století př. n. l. docházelo k obnovení zájmu o blízkovýchodní obléhací techniku, s čímž je spojené její využívání a vylepšování (Black, 2009).

I přes velké množství soupeřících kultur docházelo ke sdílení vojenského inženýrství. Středověká Byzanc a islámský svět jsou toho důkazem. Blízký východ, Írán, Středomoří a do určité míry i Indie mají velký podíl na zpřístupnění technologií, které přejali z Číny. Dalo by se říct, že technologická úroveň byla na vyšší úrovni než v oblastech Řecka a Říma. Vedoucí postavení patří však muslimům, kteří tradici obléhacího válečnictví zdědili na velmi vysoké úrovni. Konec 6. až začátek 7. století n. l. je poznamenán dlouhodobým soupeřením sásánovského Íránu a Říma, kdy se kladl velký důraz na obléhací techniku (Nicolle, 2008).

Pouze technologické znalosti však nezaručovaly úspěch obléhacích strojů. Velkou roli hrály finanční prostředky, které byly nutné nejen k výrobě zbraní, ale také k jejich vývoji a zdokonalování. Této skutečnosti dokázaly využívat velmoci, a tak dokazovat svoji převahu a sílu nad ostatními (Black, 2009).

Nejen finanční prostředky, ale také dobrá schopnost přijímat a upravovat techniky, které využívali jiné národy, dokázali Římané. Obléhací stroje, které Římané využívali, vycházely

z řeckých konstrukcí a jejich technika má původ v mnohem vzdálenějších konfliktech. Zde je velmi patrné sdílení vojenského inženýrství, ať už chtěného, nebo nechtěného (Dougherty, 2011).

Lze se domnívat, že antické válečné stroje a veškeré znalosti o nich se udržely v Byzantské říši. Je doloženo, že se tyto prostředky používaly v různých modifikacích stále. Dalším zdrojem jsou arabské spisy a kroniky, ve kterých je bohatě doložena expanze arabských vojsk, kdy notná část je věnována válečným strojům. Potřebné vědomosti se tak šířily jak z Arábie, tak z Byzance do západní a střední Evropy. Velkou zásluhu na tom mají křížové výpravy v 11. a 12. století. Evropští rytíři se tak seznámili s válečnými stroji, které získali od byzantského císaře Alexia I., jenž dal sestrojít několik obléhacích praků. Některé prameny uvádí používání válečných strojů v Evropě již dříve, avšak většina zmínek se objevuje až kolem 12. století (Klučina, 2004).

2.2 Druhy vrhacích strojů

Vrhací stroje, které byly využity proti nepřátelským opevněním nebo proti lidem, můžeme rozdělit do tří skupin. Do první skupiny patří torzní stroje, u kterých se využívala energie zkroucených lan, provazů nebo šlach. Naakumulovaná energie tak uváděla stroj do pohybu (Nicolle, 2008).

Do druhé skupiny patří stroje, které využívaly rotačního momentu páky. Nejdříve se využívalo lidské síly, kdy na jedné straně se prudce zatáhlo a na opačné straně páky se vymrštilo rameno. Později lidskou sílu nahradilo zavěšené závaží (Klučina, 2004).

Ve třetí skupině jsou stroje, které fungují na principu pružných dřevěných nebo kovových ramen, které je nutné ohnout. Do této skupiny patří kuše, šípomety, balisty a jiné podobné stroje, které využívají stejný systém (Klučina, 2004).

Oba dva autoři, jak Klučina tak Nicolle, se na tomto rozdělení shodují. Dochází pouze k malým odchylkám v pojmenovávání strojů, které je závislé na oblastech, ve kterých se dochovaly nálezy. Ve své knize Klučina uvádí: „*Složitost vyplývá již z toho, že středověk je velice nepřesný, pokud se terminologie týká. A tak často jeden obléhací prostředek může figurovat pod mnoha zcela rozličnými názvy a na druhé straně může kronikář při popisování válečné akce používat jeden obecný výraz pro obléhací stroje, aniž by mezi nimi rozlišoval. Pak je třeba se pídít po údajích, čím se z válečného stroje střílelo, nebo po přesném popisu škod, který takový technický prostředek napáchal*“ (Klučina, 2004, str. 137). Značným problémem

také mohlo být, že popisy strojů pořizovaly duchovní osoby, a to zásadně v latině. Ve většině případů to nebyli žádní vojenští odborníci, a tak si nemůžeme být jistí přesnými názvy. Pomoci nám však mohou ilustrace, ačkoli i kreslené iluminace pořizovali opět duchovní (Bennett, 2007).

2.3 Torzní válečné stroje

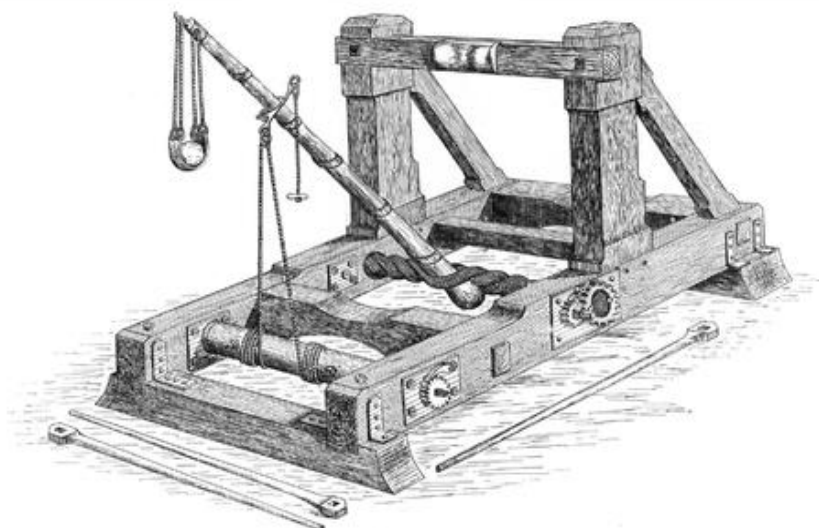
Torzní válečné stroje fungují na principu akumulování energie prostřednictvím kroucením svazku lan. K výrobě kroucených provazů a lan se používalo zvířecích šlach. Tuto techniku používali Byzantinci i staří Římané. Nejen u torzních strojů se potýkáme s problémem terminologie. Splétané lano se používalo u strojů, které můžeme znát pod názvem onager nebo mangonela, ale také u mandžaniku nebo zijáru (Nicolle, 2008).

Tyto zbraně sloužily k vystřelování velkých balvanů na boření hradeb nebo k vystřelování hromady kamení proti živé síle. Avšak hlavně sloužily tyto stroje k rozbíjení opevnění, neboť projektily létaly relativně po ploché dráze. Projektil tak dosahoval velmi vysoké rychlosti a po zásahu dokázal vyrážet kameny ze zdí. Jinak je tomu u trebuchetu, který střílel spíš vysokým obloukem (Dougherty, 2011).

Z těchto strojů je pro nás nejdůležitější onager. V Překlade „divoký osel.“ Toto pojmenování vychází z jisté podobnosti. Při výstřelu se rameno vymrštilo a podobalo se vykopávajícímu oslu. Základem těchto strojů je dřevěná konstrukce, nejlépe z bukového dřeva, ke které jsou připevněna zkroucená lana (Nicolle, 2008).

Stroje se napínaly pomocí navijáku nebo rumpálu.

Vystřelovací rameno bylo nutné nejdříve stáhnout dolů, umístit do něj projektil a poté mohlo dojít k vystřelení.



Obrázek 2 Onager. Zdroj: <http://wiki.dtonline.org/index.php/Onager> [online 2019-14-4]

Onager byl tvořen ramenem se závěsnou kapsou vytvořenou z lana nebo kůže. Mangonela je často zaměňována za onager, zvláště ve středověké literatuře. Princip těchto strojů je naprosto

stejný, liší se pouze ve vystřelovacím ramenu. Mangonela nemá rameno, ale lžíci, je tedy lžícovým prakem. Mangonela byla proti živé síle extrémně účinná. Projektil byl tvořen hromadou kamení a i když zásahy byly náhodné, účinky byly devastující (Dougherty, 2011).

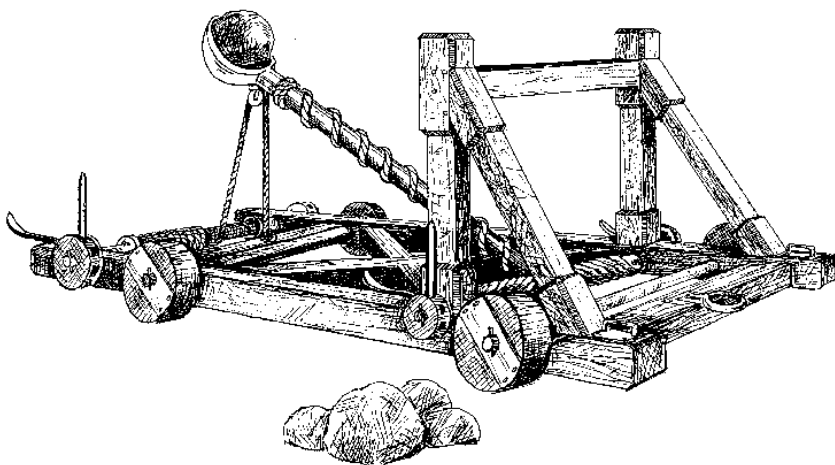
S použitím vrhacích strojů v Evropě se můžeme konkrétně setkat během křížové výpravy proti katarům. Používá se také název albigenským. Toto pojmenování dostala křížová výprava u města Albi. Výprava

začala roku 1209, kdy ji vyhlásil papež Inocenc III.

Po potlačení hlavního odporu, byla správa této heretické oblasti předána Simonu de Monfort, který začal dobývat zbylé hrady za použití vrhacích strojů.

Na pomoc mu byl poslán pařížský arcijáhen Guillaume, který i přes svůj

církevní úřad patřil k nejlepším technikům a konstruktérům obléhacích strojů. Pod jeho vedením vznikali stroje všeho druhu. Konkrétně jsou uvedeny jak stroje pákové, pružinové, tak stroje, které měly poskytovat úkryt. Konkrétní názvy strojů jsou pouze trebuchet, mangonela nebo onager. Zbylé stroje nesou různá pojmenování, např. „obléhací kočky, lasičky, beran“ a jiné. Takové označení nesly obléhací věže a podobné stroje (Kovařík, 2006).



Obrázek 3 Mangonela. Zdroj: <https://www.beausantbrotherhood.com/artillery-of-the-orders> [online 2019-14-4]

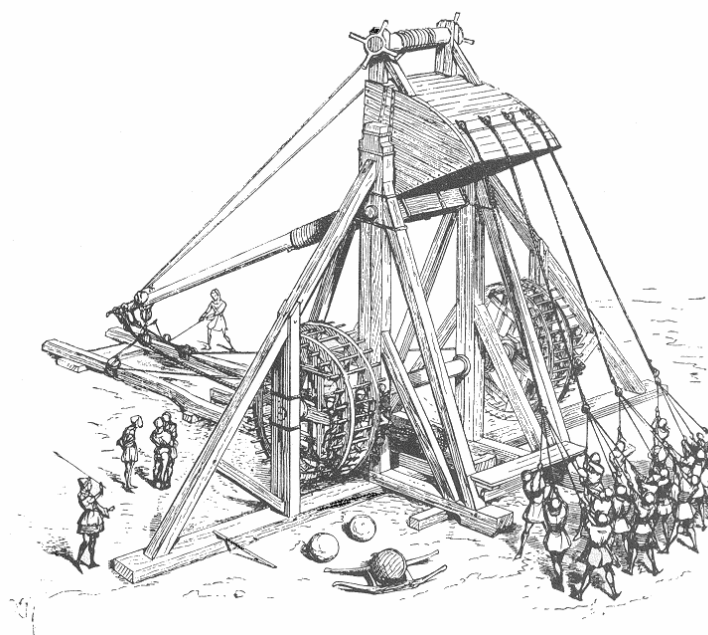
V publikaci Rytířská krev: (1208 – 1346): rytířské bitvy a osudy II. autor uvádí správnou terminologii, která se však místy neshoduje s obrazovým materiálem použitým v publikaci. Například u obrázku trebuchetu na straně 50 uvádí přesný název, ale na straně 59 u podobného obrázku trebuchetu uvádí název patřící stroji, který funguje na principu torzních zbraní, nikoliv pákových (Kovařík, 2006, str. 50 a str. 59).

2.4 Pákové vrhací stroje

V případě pákových vrhacích strojů se můžeme setkat s dvěma typy. První typ, který byl menší a jednodušší, byl založen na principu páky, kdy na kratší straně byly připevněny provazy, za něž se muselo prudce zatáhnout, aby se projektil vymrštil. Tento typ se používal přibližně

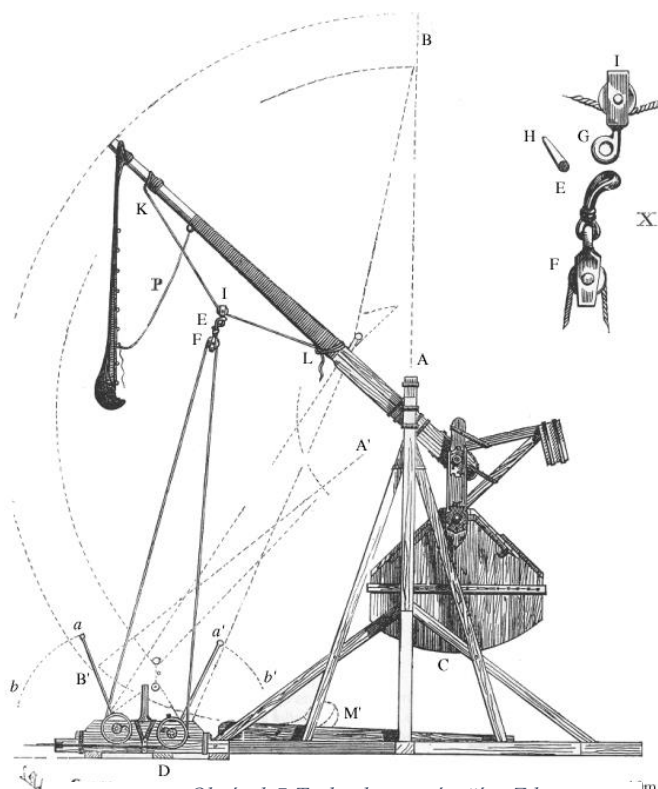
do 12. století, jeho konstrukce byla jednoduchá a pevná. Obsluhu takového stroje zajišťoval větší počet lidí (Black, 2009).

Druhý typ má téměř totožnou podobu, pouze lidskou sílu nahradilo závaží, čímž se zvýšila účinnost stroje. Za takových podmínek byl stroj, který nese název trebuchet, schopen vymrstit až 140 kg těžký projektil. Konstrukce takového stroje je podstatně složitější, nejdůležitější je však vhodný materiál. Pokud by totiž byl z nevhodného materiálu, ohrožená by byla nejen obsluha stroje, ale také každý v jeho blízkosti (Dougherty, 2011).



Obrázek 4 Pákový trebuchet. Zdroj:

https://pl.wikipedia.org/wiki/Machiny_barobalistyczne [online 2019-14-4]



Obrázek 5 Trebuchet se závažím. Zdroj:

https://pl.wikipedia.org/wiki/Machiny_barobalistyczne
[online 2019-14-4]

Do Evropy se tento vylepšený stroj dostává kolem 13. století. Trebuchety nebyly jedinou zbraní, která využívá protiváhu. Svoji kvalitou však začaly nahrazovat torzní katapulty. Řada lidí se domnívá, že tyto trebuchety byly nepřesné, opak je však pravdou (Black, 2009).

Trebuchet byl velmi významným technickým počinem. V rukou obláhatelů se stal mocným nástrojem a obrovskou výhodou. Některé zdroje uvádí, že velké stroje dostávaly svá jména. Během obléhání Akry roku 1191 dostal

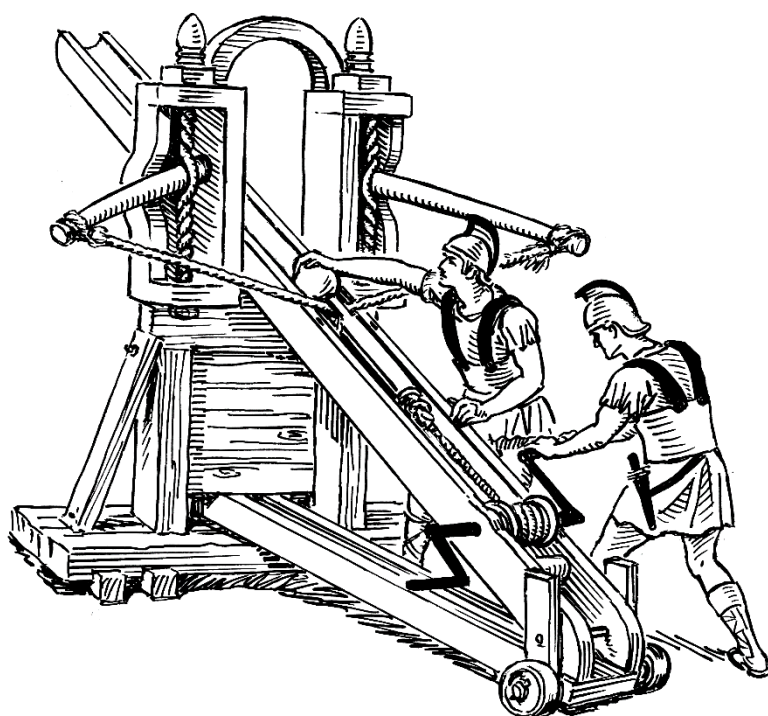
jeden ze strojů, který používalo křižácké vojsko pod vedením Richarda I., jméno: „Boží katapult“ (Dougherty, 2011, str. 200).

2.5 Velké kuše

Do třetí kategorie patří vrhací zbraně, které pracují na principu ohýbání lučiště. Některé zdroje se však neshodují v zařazení, a tak se může stát, že stroje nazvané jako balista, šípomet, palinton, arcubalista nebo též catapulta jsou také zařazeny do torzních zbraní. Středověcí autoři příliš nerozlišovali mezi stroji, ale vše nazývali katapultem (Klučina, 2004).

Kuše nebo také samostříl se používala v Byzanci a v islámském světě. Jako zbraň ji znali o mnoho déle než v západní Evropě. Nálezy středověkých kuší ze Středomoří a Blízkého východu vypovídají, že jsou pozůstatkem římské doby než starověké Číny (Nicolle, 2008). Martin J. Dougherty také uvádí, že to byla oblíbená zbraň, kterou využívala římská armáda.

Princip funkčnosti balisty je založen na akumulování energie v těživě, při níž se dozadu ohýbá pružné lučiště. K napnutí silné tětivy bylo potřeba adekvátního způsobu. K tomu sloužil hever s pastorkem a hřebenatkou. Obsluhu takové zbraně zajišťovalo několik mužů. Zbraň byla



Obrázek 6 Balista. Zdroj:

https://en.wikipedia.org/wiki/Roman_siege_engines [online 9019-14-4]

schopná vystřelovat velká kopí, oštěpy nebo kameny. Byla to poměrně přesná zbraň s plochou dráhou letu, která se využívala zvláště proti živé síle. Při obléhání sloužila jako podpůrná zbraň, neboť bylo velmi obtížné postavit stroj stejné konstrukce, který by měl takový výkon, aby dokázal prorazit hradby. Využití této zbraně se tak omezilo na podpůrnou palbu při instalaci a rozmístování větších strojů nebo jako krycí

palba při přisunování obléhacích věží. Balista byla velmi mobilní, pokud měla kola nebo byla

přípevněna na vozíku. Její využití tak bylo možné všemi směry. Balista se také používala na lodích nebo na hradbách v rukou obránců (Dougherty, 2011).

Praktická část

3 Projekt „katapult“

V úvodu projektu a projektové části je třeba si řádně definovat a klasifikovat projekt, kterému se hodlám věnovat. Dle teoretické části tedy můj projekt spadá do těchto typů:

- Projekt navržený učitelem – V popisovaném projektu výroby funkčního vrhací stroje je snaha propojit tři vyučovací předměty a skloubit jejich teoretické části v praktický výrobek.
- Účel projektu – Účelem projektu je vytvořit výrobek, získat znalosti, dovednosti a zručnost, využít teoretické znalosti a potvrdit nebo vyvrátit zákonitosti, které jsou uváděny ve spojitosti s funkčností.
- Informační zdroje – Zdroje jsou vázané, neboť dohledání informací je poměrně těžké a některé zdroje nejsou zcela přesné.
- Délka projektu – Projekt je dlouhodobý. Délka výrobního procesu se odvíjí podle použitých způsobů výroby a soustavně věnovanému času.
- Prostředí projektu – školní nebo mimoškolní – Pokud je technické zázemí školy v dílnách dostatečně vybavené, jedná se o projekt školní. V druhém případě je třeba využít pomoci v odborných podnicích, dílnách nebo firmách.
- Počet zúčastněných – Projekt je ideální v malém počtu žáků, maximální počet je deset. Ve velkém počtu žáků by nebylo možné pracovat na jednom společném modelu. Vše záleží na dobré organizaci a zájmu žáků.
- Začlenění projektu – Víceoborový projekt. Jak bylo řečeno na začátku, jde o propojení tří předmětů a aplikování teoretických poznatků.
- Obsahové zaměření – Projekt je zaměřen všestranně. Je možné nabýt odborných znalostí, ale také všestranně rozvinout své schopnosti a praktické dovednosti.

3.1 Plánování projektu

Základním předpokladem dobrého projektu je jeho správné naplánování. Je velmi nutné se držet postupu a žádný z bodů nepřeskočit nebo jej nezaměnit. Vyhneme se tak zbytečným chybám, které nás mohou zdržet nebo zapříčiní nezdar hned na začátku.

3.2 Stanovení cíle

V projektu výroby vrhacího stroje jsme si stanovili několik cílů. Jedním z cílů je rozšířit poznatky v předmětu dějepis, z historie války s konkrétním zaměřením na obléhání. Žáci tak

mohou získat vědomosti, se kterými se ve výuce tolik nesetkají, neboť nejsou tak důležité a zajímají pouze určitou skupinu žáků. Druhým cílem je využít teoretické znalosti z matematiky a fyziky, jejich praktické uplatnění během výroby. U mnohých žáků tak může dojít k lepšímu pochopení, protože se setkají s názornou ukázkou a fyzikální jevy tak budou prakticky demonstrovány. Třetím cílem je získání manuální zručnosti při práci s materiálem a rozšíření již nabytých dovedností při práci v odborné učebně nebo dílně. Základním předpokladem je alespoň malá zručnost a snaha učit se novým věcem.

Dalším důležitým aspektem je vhodné prostředí pro tento projekt. Projekt se téměř po celou dobu odehrává v dílnách. Ke zpracování materiálu je potřeba vhodných stolů se svěrákem, sloupová vrtačka, kotoučová nebo pásová pila a jiné. Elektrické nářadí může být nahrazeno ručním, ale přináší nám při výrobě velkou výhodu.

Posledním bodem při stanovování cílů je motivace. Pokud žáci nemají motivaci pustit se do projektu, nepřijmou tento projekt, nebudou ani ochotni investovat vlastní síly a tím pádem se s projektem neztotožní. Proto je důležité žáky motivovat. V klasifikaci projektu bylo uvedeno, že maximální počet žáků by měl být deset. V průběhu projektu je pedagog v pozici partnera nebo asistenta, zvláště pokud hodláme pracovat s ručním nebo elektrickým nářadím. Je tedy důležité, aby pedagog měl povědomí o tom, jak projekt probíhá a co se v kterou chvíli odehrává. S ohledem na specifika tohoto projektu je tedy dobré počítat s menším počtem žáků, nejlépe se zájmem o tento druh projektu. Při motivování žáků je také důležité přihlédnout k tomu, aby nedošlo k přehnané motivaci. Projekt je klasifikován jako dlouhodobý, proto by i žáci měli vědět, že vyrobit funkční stroj bude trvat několik týdnů. Není to otázka dvou odpoledních vyučovacích hodin. Proto pedagog i žáci musí mít jasno už na začátku, že pokroky budou znát po každém kousku, ale hotový a plně funkční výrobek bude až po dlouhodobé a soustavné práci. Motivaci je také možné podpořit formou obrazové prezentace nebo video ukázek z filmů, ve kterých se vrhací stroje objevují.

3.3 Plán řešení

Diskuze

Na začátku plánování je třeba diskutovat o tématu. Vyslechnout si postoj jednotlivých žáků k projektu, jejich návrhy, jak postupovat, co mohou projektu sami nabídnout, která část je nejvíce zajímavá a jaké mají od toho očekávání. Součástí diskuze musí být rozdělení jednotlivých úkolů. Žáky rozdělíme do skupin nebo úkoly rozdělíme jednotlivým žákům:

1. V první skupině jsou všichni žáci. Každý sám za sebe vyhledává informace. Dojde pouze k rozdělení zdrojů. Jedna část dohledá obrazový materiál na internetu, další hledají v odborných publikacích a knihách, jiní zajistí videa. Společně tento materiál shromáždí a po vzájemné diskuzi se s ním seznámí, rozšíří a obohatí své vědomosti v dané problematice a vloží do dokumentace. Žáci se vzájemně kontrolují a podporují, tak aby dosáhli společného cíle.
2. Ve druhé skupině jsou žáci, kteří ovládají technickou grafiku nebo mají zájem vytvořit vlastní výkresy. Zde pod dohledem pedagoga a jeho odborné pomoci vytvoří technickou dokumentaci. Tato dokumentace je poté představena ostatním žákům a řádně vysvětlena. Pokud došlo ve výkresech k chybám nebo se v názorech na výkresy žáci neshodují, je třeba společnou diskuzí dojít ke shodě a případné chyby opravit. Společně poté stanoví výrobní postup.
3. Ve třetí skupině jsou žáci, kteří se budou podílet na výrobě. Pod dohledem pedagoga a spolužáků, kteří dohlíží na technickou dokumentaci, postupují dle plánu.
4. Ve čtvrté skupině jsou žáci, kteří budou výrobek testovat, demonstrovat jeho funkčnost a připraví způsob prezentace projektu.

Dělení žáků do skupin je v rukou pedagoga nebo žáků samotných, chceme-li zajistit jejich vlastní angažování. V mnohých skupinách je možné, aby byli žáci všichni. Je tedy třeba kompetence řádně rozdělit. Žáci musí vnímat, že podíl na projektu mají všichni stejný. Především se tak zbytečným neshodám před, během nebo po projektu.

Nářadí, nástroje a materiál

K výrobě funkčního vrhacího stroje budeme potřebovat bukové dřevo. V dochovaných materiálech je uvedené jako nejvhodnější a pokud se chceme přiblížit k historii aspoň částečně, je potřeba dochované skutečnosti brát na zřetel. Dále konopné nebo lněné lano, jehož spletením vytvoříme systém, který vystřelovací rameno rozpohybuje. Lněnou látku nebo hovězí kůži, ze které vytvoříme vystřelovací kapsu a ochranu dřevěného trámu v místě nárazu ramene. Železné tyčinky o průměru 3x8 mm a 2x16 mm. Železná očka a skoba se závitem ve tvaru písmene L. Hřebík nebo kus železa, které bude sloužit jako vystřelovací trn. Železnou dutou tyč o průměru 18 mm na napínání ložisek, ve kterých je upnuté lano a dřevěnou tyč na napínání mechanismu, který stahuje vystřelovací rameno.

Nářadí potřebné k výrobě je dvojího typu. Elektrické a ruční. Elektrické nářadí nám poskytuje výhodu v rychlosti práce, avšak je třeba znalosti bezpečnosti práce a manipulace.

Podstatný je dohled pedagoga. U ručního nářadí je rychlost práce pomalejší, na druhou stranu u používání ručního nářadí a nástrojů není potřeba velkých odborných znalostí, stačí zkušenost a správné použití.

Elektrické nářadí:

- Rovinná fréza
- Kotoučová a pásová pila
- Sloupová vrtačka – vrtáky do dřeva a železa
- Bruska

Ruční nářadí a nástroje:

- Sada vysekávacích dlát
- Dřevěná palička
- Pila ocaska a čepovka
- Pilka na železo
- Sada rašplí a pilníků
- Smirkový papír

Součástí plánu také musí být kalkulace nákladů. Jedná se hlavně o otázku materiálu, který je za potřebí. Předpokladem jsou dostatečně vybavené dílny. Materiál by měla zajistit škola nebo pedagog, který vede projekt. Náklady na tento projekt jsou v řádu stovek korun českých. Do nákladů však nejsou započítané energie využitě na chod elektrických strojů a odborné učebny nebo dílny.

3.4 Realizace plánu

Shromáždění informací

K realizaci projektu je důležité mít dostatek informací o tom, co chceme vyrábět. Je nutné si správně definovat a podle správného názvu dohledat informace. Tento vrhací stroj nese název „onager“, při dohledání informací na internetu je vhodné využít anglického názvu „onager artillery“. Pod tímto klíčovým slovem nalezneme základní zdroje o tom, jak stroj vypadá, jak funguje. Setkáme se s pokusy výroby jiných lidí, a to jak s úspěšnými, které nás mohou inspirovat a pomoci nám při vlastním vyrábění, nebo s neúspěšnými, které nás naopak mohou varovat, a tak nám ušetřit materiál anebo námahu.

V publikacích je třeba se orientovat podle hesel, např.: válečné stroje, obléhání, obléhací stroje, historie války, římské válečnictví apod. Informace z internetu nebo publikací je dobré porovnat a vhodné podklady vložit do společné dokumentace tak, aby byla všem zúčastněným projektu přístupná.

Technická dokumentace

Další důležitou součástí tohoto projektu je technická dokumentace. Bez ní není možné vytvořit plán realizace. Při dodržení výrobního postupu se vyvarujeme zbytečných chyb, ušetříme čas a peníze, které investujeme do materiálu. Technickou dokumentaci je možné vytvořit společně v rámci přípravy projektu, nebo využít již vytvořenou pedagogem. Žáci jí musí rozumět, proto je vhodné do plánu realizace zařadit čas, ve kterém se všichni žáci s výkresy seznámí. Pokud žáci mají zkušenost s technickou grafikou, mohou navrhnout vlastní výkresy, které konzultují s pedagogem. Tím pádem se kresba technické dokumentace stává prvním bodem ve výrobním postupu. Součástí dokumentace je teoretický výpočet zatížení západky a rohatky. Během výroby však došlo k naddimenzování a výpočet není aktuální. I přesto výsledek potvrzuje výdrž materiálu při zatížení až 300 N.

3.5 Bezpečnost práce

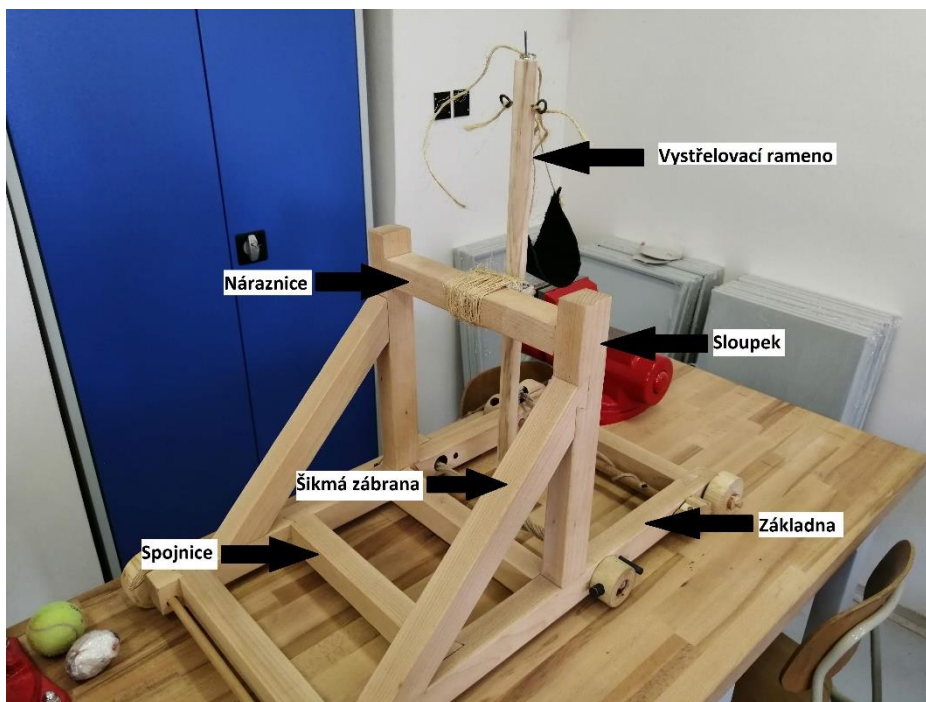
Součástí přípravy musí být proškolení žáků s bezpečností práce v dílnách. Žáci ve škole podepisují poučení o bezpečnosti, avšak práce v dílnách má svá specifika. I zde by žáci měli podepsat obeznámení s bezpečností. Pedagog způsobilý pro práci a manipulaci se stroji v dílnách, by měl žáky řádně poučit o možných úrazech, o způsobu, jak jim předcházet a o ochranných prostředcích, které je při práci nutné používat. Josten (2010) uvádí, že hlavními důvody častých úrazů je nepozornost, neopatrnost, bezohledné jednání nebo neznalost a nedodržování předpisů. Proto je potřeba úrazům předcházet a znát nebezpečí a rizika. Před použitím jednotlivých zařízení je potřeba žáky seznámit se strojem, se způsobem práce na stroji a s bezpečnostními prvky. Žáci nesmí se strojem jakkoliv manipulovat bez vědomí a přítomnosti pedagoga. Zároveň musí mít vlastní vhodný oděv a možnost zapůjčit si ochranné prostředky pro práci v dílnách (rukavice, brýle, obličejový štít, aj). Zde je také potřeba přihlédnout na počet žáků a pedagogů v dílně. Není možné, aby na strojích pracovalo více žáků, pokud je přítomen pouze jeden pedagog. Žáci musí znát symboly a označení, které jsou na strojích. Symboly pro ochranné prostředky a symboly výstrah a varování. Tomuto proškolení je vhodné věnovat dostatek času a pozornosti, vyvarujeme se tak zbytečnému úrazu. Na konci

proškolení je vhodné si ověřit, zda žáci vše dobře pochopili a jsou si vědomi všech rizik. Současně odpovědnost padá na pedagoga, jelikož ve většině případů jsou žáci nezletilí.

3.6 Výrobní postup

Příprava materiálu

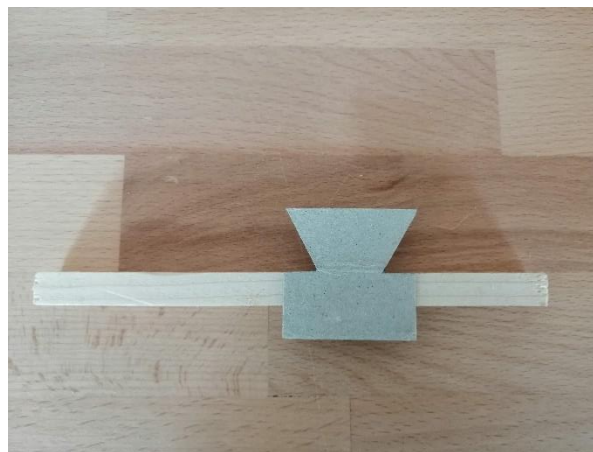
V tomto případě jsem zvolil bukové dřevěné trámky o šířce 40 mm a výšce 50 mm. Dva bukové trámky tvořící základnu mají délku 800 mm. Pět trámků tvořící spojnice o délce 360 mm. Z toho čtyři v základně a jeden, který plní funkci „náraznice“. Dva trámky o délce 420 mm, které tvoří sloupy a dva trámky, jež tvoří šikmá zábrana. Dále bukový trámek nebo kulatinu, ze které bude vystřelovací rameno o délce 700 mm nebo více



Obrázek 7 Popis částí výrobku. Interní zdroj

milimetrů. U vystřelovacího ramene je důležitá délka, váha a tvar, čím lehčí a aerodynamičtější bude, tím lépe. Kulatinu o průměru 20 mm na navíjecí systém a dvě o průměru 12 mm ke kolům. Čtyři kola o průměru 80 mm a tloušťce 40 mm s možným zúžením na vytvoření náboje. Dvě dřevěná kola o průměru 60 mm a tloušťce 40 mm na vytvoření ložisek a jedno se stejnými rozměry k napínacímu mechanismu. V poslední řadě je potřeba dřevěné kolo o průměru 60 mm a tloušťce 30 mm, ze kterého vytvoříme ozubené kolo, ze stejného materiálu pak západku.

Ke spojování dřevěných trámků bylo využito polokryté spojovací ozuby



Obrázek 8 Šablona ryby. Interní zdroj

(Nutsch,1999). Není to jednoduchý typ spoje, ale poskytuje možnost opětovného skládání a rozkládání. Dalším kladem je, že není nutné použít spojovací materiál v podobě kolíků, vrtů nebo hřebíků. Všechny spoje jsou u výrobku stejné, předcházela tomu výroba šablony. Spoje by tak měly zapadat do vysekaných míst bez větších problémů, zároveň dochází pouze k milimetrové odchylce ve velikostech dlabů. Šablona je vytvořena na tvrdém papíru. Délka šablony 20 mm a šířka úzké části také 20 mm.

Značení a rýsování na materiál

Připravený materiál si řádně označíme a popíšeme. Máme dvě „základny“, čtyři „spojnice“, jednu „náraznici“, dva sloupky, dvě šikmé zábrany a vystřelovací rameno. Za pomoci tužky, šablony, úhelníku a metru vyznačíme spoje, které je nutné vyřezat a vysekat, pro hloubku vysekání využijeme dřevěný rejsek. Dlaby a spoje očíslovujeme, pro levou stranu čísla sudá a pro pravou stranu výrobku čísla lichá. Zaznačíme si také prostor, do kterého nechceme zasahovat. Řídíme se pravidlem „dvakrát měř, jednou řež“. Vyhneme se tak zbytečným chybám. Značení probíhá dle technické dokumentace, nejlépe s průběžnou kontrolou zodpovědné osoby nebo pedagoga.



Obrázek 9 Značení na materiál. Interní zdroj

Vyřezání rybin

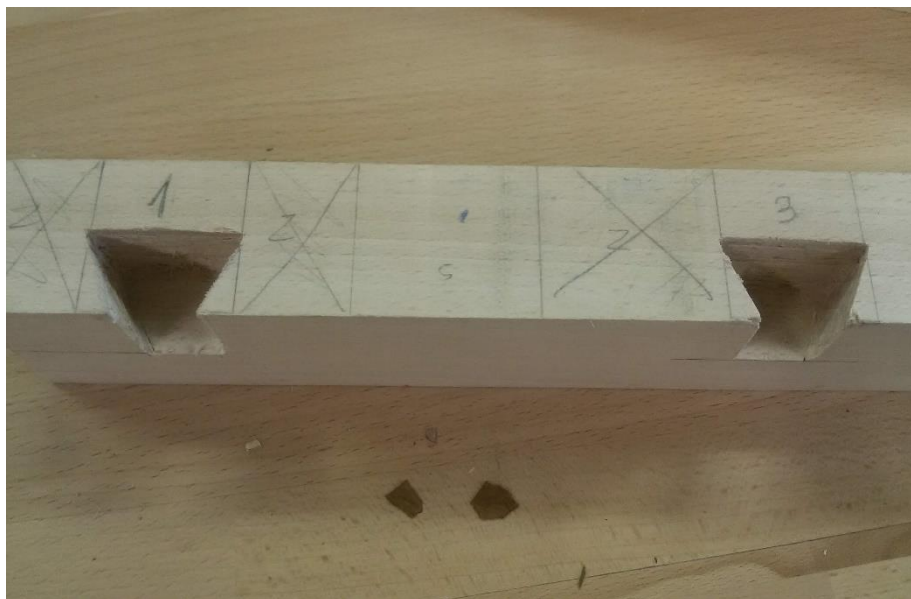
Pomocí šablony jsme si narýsovali jednotlivé rybiny na spojnice. Za pomoci ručních nástrojů nebo pásové pily spoje vyřezáme a začistíme pomocí dlát a rašple. Je důležité řezat přesně, není vhodné příliš rybiny začíšťovat. Rybiny řežeme postupně a číslovujeme k dlabům, některé rybiny mohou zapadat do více dlabů. Vše záleží na přesnosti řezání.



Obrázek 10 Detail rybiny. Interní zdroj

Vysekání spojů

Za pomoci sady vysekávacích dlát a dřevěné paličky vysekáme dlaby. Díky využití šablony by měly být všechny dlaby stejné. Hloubka dlabů je 20 mm. Před použitím dlát je nutné zkontrolovat, zda jsou nabroušené. Jednotlivé dlaby je také potřeba očíslovat a začistit, aby vyřezaný spoj lehce zapadal. Nasazení spojnice do vysekaného dlabu by nám nemělo činit žádný problém, vše by mělo jít lidskou



Obrázek 11 Vysekané dlaby. Interní zdroj

silou, aniž bychom si museli pomoci zatlučením paličkou. Spojnice do dlabu zapadají z vrchu a spoje jsou viditelné, spoje sloupků jsou z vnitřní strany a z venkovní strany viditelné nejsou, protože se jedná o poloviční spoj. Šikmé zábrany jsou z venkovní strany, a tudíž jsou spoje také viditelné. Vysekání takovýchto dlabů je poměrně obtížná věc, je potřeba sekat přesně a nedopustit se chyb. Bukové dřevo je poměrně tvrdý materiál, proto je potřeba dobré fyzické zdatnosti. Začištění dlabů lze udělat tenkým dlátem pouze vlastní silou, bez použití paličky.

Vrtání

K vrtání otvorů je potřeba sady vrtáků do dřeva a železa. Dle technické dokumentace vyvrtáme postupně otvory pro napínací systém, vrtákem o průměru 26 mm, pro hřídel 20 mm, pro kola 16 mm. Vrtákem o průměru 26 mm vyvrtáme dřevěná ložiska a vrtákem o průměru 16 mm otvory pro ocelové kolíky, které slouží na zachycení lana. Vrtákem



Obrázek 12 Detail vrtání. Interní zdroj

o průměru 8 mm pak díry pro ocelové zajišťovací kolíky a hřídelku pro západku. Rohatku vrtáme vrtákem o průměru 20 mm. Otvory v kole u napínacího systému vrtáme vrtákem 20 mm, v tomto případě nevrtáme naskrz. U vystřelovacího ramene předvrtáme díry pro ocelová očka a napínací hák vrtákem o průměru 3 mm. Veškeré vrtání kontrolujeme s technickou dokumentací.

Kompletace konstrukce

Po vrtání následuje kompletace konstrukce. Dle číslování konstrukci sestavíme a provedeme kontrolu, zda spoje přesně zasedají. Přechýlující spoje zapravíme, aby řádně dosedali do dlabu. Místo nárazu vyztužíme vlněnou nebo lněnou látkou



Obrázek 14 Místo vyztužení. Interní zdroj



Obrázek 13 Detail napínacího systému. Interní zdroj



Obrázek 13 Dřevěná "ložiska" na uchycení lana. Interní zdroj

a zajistíme přírodním provazem. Přírodní lano z juty o průměru 4 mm protáhneme připravenými otvory a zajistíme pomocí dřevěných ložisek a ocelových tyček. Získáme 14 pramenů lana, mezi ně vložíme vystřelovací rameno tak, aby byl stejný počet pramenů na každé straně a rameno bylo přesně ve středu. Úhel vztyčeného vystřelovacího ramene, které se dotýká měkčené zábrany je 90°. Pomocí upínacích kolíků v ložiskách napneme lano ve směru pohybu ramene tak, aby se vztyčilo. Součástí kompletace je povrchová úprava konstrukce, jedná se o sražení hran, zbroušení a natření lněným olejem. Z kůže nebo lněného plána vystříháme kapsu ve tvaru oka. Na jedné straně, pomocí dvou pramenů přírodního lana, připevníme na pevně

k ocelovým očkům. Na druhé straně připevníme ocelový kroužek. Natlučeme vystřelovací trn z vrchu doprostřed vystřelovacího ramene a neohýbáme jej. Na trn poté zahákneme ocelový kroužek. Do navrtané hřídele připevníme lano s okem, jež slouží k napnutí vystřelovacího ramene. K napínacímu oku připevníme lano, které slouží k jeho uvolnění. Toto lano plní funkci vystřelení. Prudkým zatažením tak vytrhneme oko ze stahovacího háku.



Obrázek 15 Detail vystřelovacího trnu. Interní zdroj

3.7 Využití vyučovaných předmětů během výrobního procesu

Během výroby vrhacího stroje žáci teoreticky využijí poznatky z matematiky, fyziky, techniky a historie. Konkrétně se jedná o tyto poznatky. Při výpočtu délky šikmé zábrany použijí Pythagorovu větu, aby získali přesný rozměr delší strany. V technické dokumentaci je přesná délka a úhel zábrany. Pythagorovu větu využijí, pokud míry konstrukce potřebují přizpůsobit vlastní potřebě. Dále základy geometrie a technické grafiky. Z fyzikálních jevů se setkají s namáháním na tlak, tah, krut. Teoretickým výpočtům všech namáhání by bylo potřeba věnovat mnohem více času, v našem případě je však praxe důležitější. Při kroucení lan dochází ke smršťování a stahování ve směru k sobě. Dochází tak k deformaci materiálu, čemuž brání nejbližší spojnice. Dále tahem při stahování vystřelovacího ramene. Tuto sílu změříme siloměrem, čímž zjistíme i namáhání západky. Teoretickým výpočtem bychom mohli získat maximální zatížení. V případě tohoto výrobku je vhodný nátah 90 N. Z techniky se jedná o využití



Obrázek 16 Měření síly nátahu. Interní zdroj

vlastností materiálu, o poznatky s manipulací a prací s nástroji a náradím. Poznatky z historie jsme získali již během shromažďování informací. Během výroby by tak mělo docházet k rozvíjení zručnosti a dovedností.

Manipulace s hotovým výrobkem

Během manipulace s katapultem je vhodné dodržovat bezpečnostní pravidla. Obsluhu stroje zajišťuje jeden, maximálně dva lidé, aby nedošlo ke zranění nebo zničení výrobku. Před napínáním provedeme kontrolu napínacího systému a vystřelovacího ramene, které je v něm uchycené. Napínání musí být adekvátní s ohledem na sílu obsluhy a možnosti materiálu, jinak by mohlo dojít ke zlomení vystřelovacího ramene nebo k jiné deformaci konstrukce. Poté zkontrolujeme vystřelovací kapsu, její uchycení za trn a oka a západku s rohatkou. Následovně zachytíme vystřelovací oko za rameno a napneme jej do maximální možné polohy. Do vystřelovací kapsy připravíme projektil a trhem lana, připraveného v oku, uvolníme rameno a vystřelíme. Po celou dobu se se strojem manipuluje ze strany napínání, zásadně ne zezadu. Při uvolnění vystřelovacího ramene z něj trčí trn. Při manipulaci zezadu by tak mohlo dojít k poškození oděvu nebo poranění. Obsluhovat vrhací stroj mohou osoby, které se řádně seznámily s bezpečnou manipulací a jsou si vědomi rizik, které obsluha přináší.



Obrázek 17 Detail vystřelovacího oka. Interní zdroj

3.8 Vyhodnocení

Posledním bodem dle fází projektové výuky je vyhodnocení. Nejprve projekt hodnotí aktéři, zda bylo dosaženo stanovených cílů. Rozšířily se jejich poznatky o vrhacích strojích, zda využili teoretických poznatků z vyučovacích předmětů a získali zkušenosti a dovednosti při práci s nástroji a nářadím. Dále co nového jim tento projekt přinesl, zda naplnil jejich očekávání a reflektují vlastní nasazení během projektu. Společně připraví výstup pro třídu, školu nebo veřejnost a seznámí je s výsledkem a získanými poznatky. Ve výstupu mohou žáci využít všech dostupných možností a prezentování projektu, je plně v jejich rukou. Nedílnou součástí by měla

být demonstrace funkčnosti vrhacího stroje formou ukázky. To vše s ohledem na bezpečnost aktérů i diváků. Využití fotografické dokumentace z výroby, videa a zpomalených záběrů z výstřelu by mělo být součástí prezentace projektu.

3.9 Úskalí projektu

Výroba vrhacího stroje s sebou přináší značná úskalí, se kterými je nutné se vypořádat. V první řadě je to volba materiálu. K výrobě je potřeba tvrdé dřevo. Při použití měkkého dřeva by mohlo dojít k prasknutí během napínání nebo ke zlomení vystřelovacího ramene. Práce s tvrdým materiálem je náročnější, avšak vlastnosti materiálu jsou pro nás podstatnější než náročnost práce.

Při výrobě byl použitý komplikovaný druh spoje – polokrytý spoj s ozuby. Typ spoje se dá nahradit za jednodušší, např. čepy, které se poté mohou zajistit klínem. Volba správného typu spoje nám může práci usnadnit nebo zkomplikovat, proto je potřeba přihlídnout na zručnost žáků a čas, který na výrobu máme.

Dalším poznatkem a úskalím je délka konstrukce. Z různých zdrojů a z vlastní zkušenosti je lepší zvolit delší základny. Vytvoříme si tak větší manipulační prostor pro usazení kol, které mohou mít větší průměr a zároveň napínací systém můžeme přesunout za kola a dosáhnout tak lepšího napínání. Přesunutí napínacího systému nám také dá možnost zvolit delší vystřelovací rameno a tak zvětšit dostřel katapultu.

Otázka tvaru a délky vystřelovacího ramene závisí na konstrukci a množství provazových pramenů, ve kterých je rameno uchycené. Rameno by mělo být kulatinou nejlépe z tvrdého, ale lehkého materiálu. Místo nárazu může být vyztuženo i na vystřelovacím rameni.

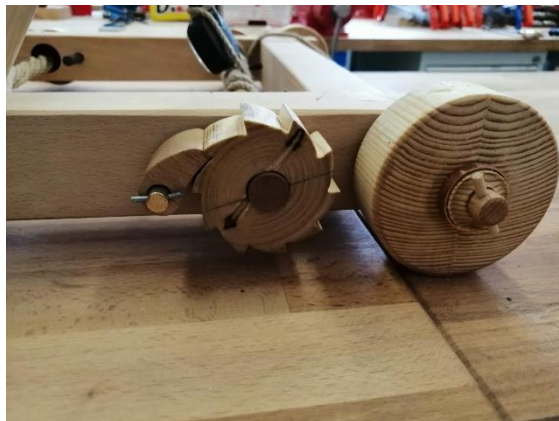
Množství lana, které se nám podaří navázat, se odvíjí od průměru otvorů, velikosti ložisek a způsobu uchycení. V tomto případě jsme zvolili příliš široké železné kolíky. Menším průměrem kolíků lze vytvořit větší prostor pro lana, a tak dosáhnout většího počtu pramenů a větší síly. Dále ložiska mohou fungovat podobným způsobem jako napínací systém a to pomocí ozubeného kola a západky. Není tak nutné řešit otázku



Obrázek 18 Detail uchycení lana na levé straně. Interní zdroj

zajišťovacích kolíků ani problém s postupným uvolňováním, ke kterému dochází. Dopnutí lan by tak mělo být snazší. Některé obrazové zdroje tento způsob uvádějí.

Dřevěnou západku a rohatku je možné nahradit železnou a tím zajistit větší odolnost. Vrhací stroj tak může dosahovat mnohem většího výkonu, neboť nebude potřeba brát takový ohled na materiál, ze kterého jsou součástky vyrobeny. Zároveň přesunutí zmíněného napínacího systému za kola nám umožní snadněji vrhací rameno stahovat.



Obrázek 19 Západka a rohatka. Interní zdroj

Systém uvolnění vystřelovacího ramene se u zkoumaných zdrojů liší. Je tedy na výrobcí, jestli se bude držet osvědčených způsobů, nebo vymyslí a použije vlastní způsob. Jako inspiraci je dobré využít vyzkoušené způsoby a tak si ušetřit čas, materiál a námahu. Důležité je vzít také ohled na bezpečnost manipulace a podle toho zvolit ideální způsob.

Toto je pouze výčet úskalí, se kterými se můžeme během výroby potýkat. Záleží pouze na aktérech projektu, jestli se budou držet vyzkoušeného způsobu a vyvarují se chybám, nebo zvolí vlastní postupy a změny při výrobě a budou tak čelit novým problémům.

3.10 Presentace projektu a technické zkoušky

Po dokončení své práce jsem se rozhodl tento projekt prezentovat na Základní škole Tererovo náměstí v Olomouci. Po dohodě se zástupcem ředitele a třídním učitelem jsme stanovili termín, na kterém jsem žáky osmého ročníku seznámil se svým projektem. Součástí prezentace projektu bylo: seznámení s historií a dělením vrhacích strojů, popis částí stroje, funkčnosti a demonstrace všech jevů, následně vyzkoušení stroje a měření dostřelu s použitím různých projektilů, ověření poznatků, které žáci během hodiny získali a zjištění míry zájmu o podílení se na projektu. Během prezentace byly také pořizovány fotografie a video. Rodiče žáků byli řádně informováni a svým podpisem na informačním listu souhlasili s využitím fotek a videa v mé práci.

Od počátku prezentace žáci jevíli o projekt velký zájem, většina informací z historie vrhacích strojů pro ně byla nová a zajímavá. Během výkladu se aktivně podíleli formou dotazů. Problematiku zkroucených lan jsem za pomoci několika žáků demonstroval přímo před nimi

a obeznámil je s jevy, které se odehrávají v systému spletených lan. Žáci si tak sami mohli vyzkoušet, jakým způsobem se lano kroutí a smršťuje. Seznámil jsem je s využitím teoretických znalostí z matematiky, konkrétně s Pythagorovou větou, kdy společnými silami složili vzorec pro výpočet a definici. Porozuměli výrobnímu postupu a navrhli vlastní řešení, jak zjednodušit výrobu.

Během demonstrace vrhacího stroje žáci provedli několik zkušebních výstřelů. Žáci se rozdělili do několika skupin. Jedna skupina měřila vzdálenosti, druhá skupina zapisovala a třetí obsluhovala stroj. U každého projektilu byly provedeny dvě zkoušky. Při stejném nátahu, ale s rozdílnou délkou vystřelovací kapsy. Účelem bylo dokázat vliv délky kapsy na dosaženou vzdálenost. V přiložené tabulce je uvedený projektil, jeho váha a uražená vzdálenost při použití krátké a dlouhé kapsy.

projektil	váha	Krátká kapsa	Dlouhá kapsa
Gumová koule	20 g	6,30 m	17,50 m
Papírová koule	30 g	6,20 m	13,40 m
Brambora	60 g	7,60 m	11,70 m
Tenisový míček	60 g	7,40 m	11,80 m
Kámen	110 g	4,50 m	11,50 m
Monočlánek	150 g	5,20 m	10,40 m

Ve všech případech došlo ke shodě. Je zjevné, že na vzdálenost, kterou projektil uletí, má délka vystřelovací kapsy značný vliv. Při pohybu vystřelovacího ramene tak kapsa vykresluje delší pohyb a zároveň se zvětšuje dostřel. Při této zkoušce bylo použito vystřelovací rameno ve tvaru obdélníku o délce 500 mm. Pokud bychom však použili rameno kulaté a delší, vzdálenost by se tak měla ještě zvětšit. Dalším faktorem je také napnutí ramene, větším upnutím bychom dodali ramenu větší rychlost, a tak by se vzdálenost mohla ještě zvětšit. Současně však musíme přihlídnout k tvarům projektilů, jejich váze a povětrnostním podmínkám.



Obrázek 20 Presentace projektu. Interní zdroj

Faktorů, které tak ovlivňují dostřel stroje, je velké množství a je nutné k nim přihlédnout. Tato zkouška tak potvrdila, že je možné ovlivnit směr a dráhu letu, ale přesně určit místo dopadu možné není. Tento poznatek přináší i různé prameny a potvrzují, že střelba ve středověku byla často náhodná. Zároveň při tomto pokusu byla potvrzena plochá dráha letu při použití krátké vystřelovací kapsy a mnohonásobně větší průraznost než při výstřelu s dlouhou kapsou, kdy projektil létal vysokým obloukem.

Po dokončení těchto zkoušek jsem si ověřil u žáků nabyté poznatky a znalosti formou otázek. Žáci byli schopni ve stručnosti uvést historii vrhacích strojů, jejich dělení a funkčnost. Projevili velký zájem o podílení se na takovém projektu, jak z řad chlapců, tak z řad děvčat. U mnohých byla znát chuť a touha vyrobit takový stroj, ale také obava z vlastních schopností a z malé zručnosti. Tento projekt je vhodným prostředkem jak tyto obavy přemoci a získat znalosti i dovednosti.



Obrázek 21 Společné foto na závěr projektu. Interní zdroj

Závěr

Během své práce jsem se potýkal s mnoha problémy, které bylo nutné překonat. Současně tak můžu potvrdit, že vytvořit vzdělávací projekt není jednoduchá věc. Vytvoření modelu funkčního stroje má samo o sobě mnoho úskalí. Propojení s předměty jako je technika, fyzika a historie je ideálním způsobem, neboť podobným problémům čelili naši předci, když se sami snažili vrhací stroje sestrojit. Vliv mezipředmětových vztahů je tak patrný v mnoha situacích lidského života. Projekt, který tyto mezipředmětové vztahy propojuje, je vhodným prostředkem, jak žáky připravovat na běžný život. Současně dává možnost společnými silami čelit různým problémům, řešit je a zároveň dělat chyby, ze kterých se můžou poučit a posunout.

Pokud by došlo k situaci, že by se výrobek nepodařilo vyrobit, není to konec projektu ani nesplnění cíle. Ano, jedním z cílů je vyrobit funkční vrhací stroj, avšak zásadním cílem je získat dovednosti a zkušenosti, které žáci získají, i kdyby se stroj nepodařilo postavit. Už jen tím, že se žáci do projektu pustí a čelí mnoha problémům, mnoho získají.

Mohu tak potvrdit, že vyrobení funkčního vrhacího stroje je uspokojující, ale nabyté znalosti a dovednosti z výroby jsou mnohem hodnotnější a potřebnější než výrobek samotný. Projekt tak má více cílů a hotový výrobek je pouze zlatým hřebem na konci projektu.

Seznam literatury

- BENNETT, Matthew, 2007. *Bojové techniky středověkého světa: 500 n. l. - 1500 n. l.: vybavení, bojeschopnost a taktika*. Praha: Deus. ISBN 978-80-86215-96-9.
- BLACK, Jeremy, 2009. *Zbraně, které změnily svět*. Líbeznice: Víkend. ISBN 978-80-7433-013-1.
- CONTAMINE, Philippe, 2004. *Válka ve středověku*. Přeložil Josef HAJNÝ. Praha: Argo. Každodenní život. ISBN 80-7203-615-7.
- DÖMISCHOVÁ, Ivona, 2011. *Projektová výuka: moderní strategie vzdělávání v České republice a německy mluvících zemích*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2915-1.
- DOUGHERTY, Martin J., 2011. *Válečníci starověku: 3000 př. n. l. - 500 n. l.* Praha: Naše vojsko. Válečníci světa. ISBN 978-80-206-1215-1.
- DOUGHERTY, Martin J., 2012. *Zbraně a bojové techniky středověkých válečníků: 1000-1500 n. l.* Praha: Naše vojsko. Válečníci světa. ISBN 978-80-206-1292-2.
- DVOŘÁČEK, Petr, 2008. *Rytíři: od Římanů po současnost*. Olomouc: Rubico. ISBN 978-80-7346-084-6.
- JEZBEROVÁ, Romana, 2011. *Žákovské projekty: cesta ke kompetencím: příručka pro učitele středních odborných škol*. Praha: Národní ústav pro vzdělávání, školské poradenské zařízení a zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků. ISBN 978-80-86856-77-3.
- JOSTEN, Elmar, Thomas REICHE a Bernd WITTCHEN, 2010. *Dřevo a jeho obrábění*. Praha: Grada. Průvodce truhláře. ISBN 978-80-247-2961-9.
- KINDLMANNOVÁ, Jana, ed., 2013. *Cesta za žákovskými projekty: metodická příručka projektové výuky a zážitkové pedagogiky Prázdninové školy Lipnice*. Praha: Prázdninová škola Lipnice. ISBN 978-80-905502-0-9.
- KLUČINA, Petr, 2004. *Zbroj a zbraně: Evropa 6. - 17. století*. Praha: Paseka. ISBN 80-7185-661-4.
- KOLÁŘ, Zdeněk a Alena VALIŠOVÁ, 2009. *Analýza vyučování*. Praha: Grada. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-2857-5.

- KOVAŘÍK, Jiří, 2006. *Rytířská krev: (1208-1346): rytířské bitvy a osudy II*. Praha: Mladá fronta. Arma & musae. ISBN 80-204-1401-0.
- MAŇÁK, Josef a Vlastimil ŠVEC, 2003. *Výukové metody*. Brno: Paido. ISBN 80-7315-039-5.
- NICOLLE, David, 2008. *Středověké obléhací zbraně: Byzanc, islámský svět a Indie 476-1526*. Ilustroval Sam THOMPSON. Praha: Grada. Válečná technika. ISBN 978-80-247-2419-5.
- NOVOTNÝ, Jan, 2012. *Projektová výuka a aspekty tvořivosti v edukačním procesu*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem. ISBN 978-80-7414-431-8.
- NUTSCH, Wolfgang, 1999. *Příručka pro truhláře*. Praha: Sobotáles. ISBN 80-85920-60-3.
- Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání [online], 2017. Praha [cit. 2019-08-04]. Dostupné z: http://www.msmt.cz/file/43792_1_1/
- TOMKOVÁ, Anna, Jitka KAŠOVÁ a Markéta DVOŘÁKOVÁ, 2009. *Učíme v projektech*. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-527-1.

Seznam zkratk

RVP ZV	Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání
--------	--

Seznam příloh

Obrázek 1 Schéma tématické výuky a projektu. Zdroj: Tomková, 2009, str.15	10
Obrázek 2 Onager. Zdroj: http://wiki.dtonline.org/index.php/Onager [online 2019-14-4].....	16
Obrázek 3 Mangonela. Zdroj: https://www.beausantbrotherhood.com/artillery-of-the-orders [online 2019-14-4].....	17
Obrázek 4 Pákový trebuchet. Zdroj: https://pl.wikipedia.org/wiki/Machiny_barobalistyczne [online 2019-14-4].....	18
Obrázek 5 Trebuchet se závažím. Zdroj: https://pl.wikipedia.org/wiki/Machiny_barobalistyczne [online 2019-14-4].....	18
Obrázek 6 Balista. Zdroj: https://en.wikipedia.org/wiki/Roman_siege_engines [online 2019-14-4].....	19
Obrázek 7 Šablona rybiny. Interní zdroj	26
Obrázek 8 Popis částí výrobku. Interní zdroj	26
Obrázek 9 Značení na materiál. Interní zdroj	27

Obrázek 10 Detail rybiny. Interní zdroj.....	27
Obrázek 11 Detail vrtání. Interní zdroj.....	28
Obrázek 12 Vysekané dlaby. Interní zdroj	28
Obrázek 14 Místo vyztužení. Interní zdroj	29
Obrázek 15 Detail napínacího systému. Interní zdroj	29
Obrázek 16 Detail vystřelovacího trnu. Interní zdroj	30
Obrázek 17 Měření síly nátahu. Interní zdroj.....	30
Obrázek 18 Detail vystřelovacího oka. Interní zdroj.....	31
Obrázek 19 Detail uchycení lana na levé straně. Interní zdroj.....	32
Obrázek 20 Západka a rohatka. Interní zdroj	33
Obrázek 21 Presentace projektu. Interní zdroj	34
Obrázek 22 Společné foto na závěr projektu. Interní zdroj	35
Původní návrh zdrže 1 x A4	
Technický výpočet zatížení 2 x A4	
Technická dokumentace 2 výkresy – formát A3	

Anotace

Jméno a příjmení:	Daniel Čtvrtlík DiS.
Katedra:	Technické a informační výchovy
Vedoucí práce:	RNDr. Miroslav Janu Ph.D.
Rok obhajoby:	2019

Název práce:	Vzdělávací projekt: výroba středověkého vrhacího stroje s žáky druhého stupně ZŠ – možnosti implementace mezipředmětových vztahů fyziky, techniky a historie
Název v angličtině:	Educational project: construction of the medieval throwing machine with lower school pupils – implementation of inter-subjective relations of physics, technology and history
Anotace práce:	Cílem této práce je vzdělávací projekt pro žáky druhého stupně základní školy. V teoretické části vymezují fáze projektové výuky a mezipředmětové vztahy. V druhé části historii vrhacích strojů, dělení a funkční principy. V praktické části pak návrh projektu, jeho členění, výrobní postup, úskalí, technickou dokumentaci a zkoušku funkčnosti vrhacího stroje.
Klíčová slova:	Projektová výuka, projekt, středověké obléhací stroje, vrhací stroje, katapult, onager
Anotace v angličtině:	The purpose of this work is educational project for lower school pupils. In theoretical part I define stages of project education and cross-curricular relations. In the second part I describe history of throwing machines, its division and operational principles. In practical part is design of project, its division, production process, difficulties, technical documentation and functionality test of throwing machine.
Klíčová slova v angličtině:	Project education, project, medieval siege machine, throwing machine, catapult, onager
Přílohy:	3
Rozsah práce:	40 stran
Jazyk práce:	čeština