<u>UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI</u>

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA ALGEBRY A GEOMETRIE

OSVĚTLENÍ VE STŘEDOVÉM PROMÍTÁNÍ A LINEÁRNÍ PERSPEKTIVĚ

Bakalářská práce

Vedoucí práce:	**Vypracovala:**
RNDr. Lenka Juklová, Ph.D.	**Martina Vinklářová**
Rok odevzdání 2012	**M-DG, 3. ročník**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Lenky Juklové, Ph.D., a že jsem uvedla všechnu použitou literaturu.

V Olomouci 26.srpna 2012 …………….

Na tomto místě bych ráda poděkovala RNDr. Lence Juklové, Ph.D., za pečlivě vedené přednášky, čas, který mi věnovala a za cenné rady, které přispěly ke zkvalitnění této práce.

Obsah

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá rovnoběžným osvětlením těles, obsahuje základy teorie a řešené úlohy, ukazuje základní postupy konstrukcí při řešení úloh o rovnoběžném osvětlení. Jednotlivé úlohy jsou řešené ve dvou zobrazovacích metodách, těmi jsou středové promítání a lineární perspektiva. U čtenáře se předpokládá základní znalost těchto zobrazovacích metod.

Ve všech úlohách je středové promítání zadáno pravoúhlým průmětem $\boldsymbol{S_2}$ středu promítání a distanční kružnicí $\boldsymbol{d}$. Lineární perspektiva je dána horizontem $\boldsymbol{h}$, hlavním bodem $\boldsymbol{H}$, distancí $\boldsymbol{d}$ a základnicí $\boldsymbol{z}$. V příloze jsou obsažena zadání jednotlivých úloh.

Práce je rozdělena do pěti kapitol. První kapitola stručně shrnuje důležité pojmy a postupy konstrukcí z obou promítacích metod, které jsou použité v této práci a kterým je nutné rozumět. Druhá kapitola se zabývá osvětlením v prostoru a stručně shrnuje všechny obecné poznatky o osvětlení. Třetí kapitola obsahuje principy rovnoběžného osvětlení těles ve středovém promítání a soubor několika řešených příkladů. Ve čtvrté kapitole jsou popsány principy rovnoběžného osvětlení těles v lineární perspektivě a opět řešené konkrétní příklady. Pátá kapitola obsahuje základní poznatky zrcadlení s ukázkou zrcadlení ve svislém i šikmém zrcadle a ve vodní hladině.

Obrázky a úlohy jsou narýsovány pomocí programu AutoCAD.

1. Základní pojmy a postupy

Jak již bylo řečeno, tato práce se zabývá pouze rovnoběžným osvětlením. Uvažujeme rozšířený euklidovský prostor.

Přesto, že u čtenáře předpokládám základní znalost těchto zobrazovacích metod, v této kapitole shrnuji některé základní pojmy a postupy konstrukcí.

Základní pojmy a postupy

- středové promítání je zadáno průmětnou ν, středem promítání S ($S \notin \nu$) a distancí d
- pravoúhlý průmět středu promítání do průmětny nazýváme **hlavní bod** a značíme S_2
- úsečka SS_2 je kolmá na průmětnu
- $|SS_2|=$ distance d, většinou je určena distanční kružnicí se středem v S_2 a poloměrem d
- rovinu rovnoběžnou s průmětnou a procházející středem promítání S nazýváme **středová rovina**
- průsečík přímky a s průmětnou nazveme **stopník** přímky, značíme ho N^a
- středový průmět nevlastního bodu přímky a nazveme **úběžník** přímky, značíme ho U_s^a
- středový průmět průsečíku přímky a se středovou rovinou je nevlastní bod, nazýváme ho **protiúběžník** a značíme V_s^∞
- průsečnici roviny ρ s průmětnou nazýváme **stopa** roviny, značíme ji n^ρ

- středový průmět nevlastní přímky roviny ρ nazýváme **úběžnice** roviny, značíme ji u_s^ρ
- středový průmět průsečnice roviny ρ se středovou rovinou je nevlastní přímka, nazýváme ji **protiúběžnice** a značíme v_s^∞
- poloha bodu A v prostoru, je určena, je-li dán jeho středový obraz A_s a středový obraz jeho nositelky a_s (zadané jejím stopníkem N^a a úběžníkem U_s^a)
- přímka leží v rovině, leží-li její úběžník a stopník na úběžnici a stopě roviny
- přímka je rovnoběžná s rovinou, leží-li úběžník přímky na úběžnici roviny
- přímky jsou různoběžné, jsou-li spojnice jejich úběžníků a stopníků rovnoběžné
- dvě přímky jsou rovnoběžné, mají-li společný úběžník
- úběžník spádových přímek roviny ρ nazýváme **hlavní úběžník** roviny a značíme U_s^ρ
- úběžník přímek kolmých k rovině ρ nazýváme **úběžník normál** a značíme U_s^n
- při určování skutečné velikosti úsečky A_sB_s ležící na přímce a_s využijeme **dělicí kružnici**, tou je kružnice se středem v bodě U_s^a a poloměrem $U_s^a(S)$, na této kružnici zvolíme bod [S], stopníkem přímky a_s vedeme rovnoběžku s přímkou U_s^a[S] a označíme ji p_s, z bodu [S] promítneme na přímku p_s body A_s, B_s, vzdálenost průmětů těchto bodů je skutečnou velikostí úsečky A_sB_s
- **otáčení roviny do průmětny** využijeme při sestrojování rovinných útvarů, otočené útvary budeme značit indexem 0
- mezi středovým průmětem a otočenou polohou roviny ρ kolem její stopy do průmětny existuje kolineace, osou této kolineace je stopa roviny ρ, středem kolineace je otočený střed promítání do průmětny kolem úběžnice roviny ρ
- $S_0 \in A_sA_0$, stopníky jsou samodružné body
- pro protiúběžnici v sklopenou do průmětny platí $|S_0u_s^\rho| = |vn^\rho|$

Lineární perspektiva je vlastně částečně omezené středové promítání a to především proto, aby byly obrazy názornější a vzbuzovaly představu skutečnosti.

- průmětnou je svislá rovina
- základní rovina je kolmá na průmětnu, její stopu nazýváme **základnice**, značíme z, její úběžnici nazýváme **horizont** a značíme h
- **hlavní bod** S_2 přeznačíme na H
- $|SS_2|$ je určena **distančníky** D, průsečíky distanční kružnice s horizontem nazýváme levý a pravý distančník, značíme D^l, D^p, průsečíky distanční kružnice s kolmicí na horizont vztyčenou v hlavním bodě nazýváme horní a dolní distančník a značíme je D^h, D^d
- všechny vodorovné roviny mají společnou úběžnici h
- kružnice se středem ${}^aU^s$ a poloměrem ${}^aU^sD^d$ nazýváme dělicí kružnice přímky a^s, její průsečík s horizontem nazýváme **dělicí bod** a značíme ho D^s
- z dělicího bodu promítneme úsečku A^sB^s (ležící v základní rovině) na základnici a získáme body $A^{*s}B^{*s}$, $|A^{*s}B^{*s}|$ je skutečná velikost úsečky A^sB^s

2. Osvětlení

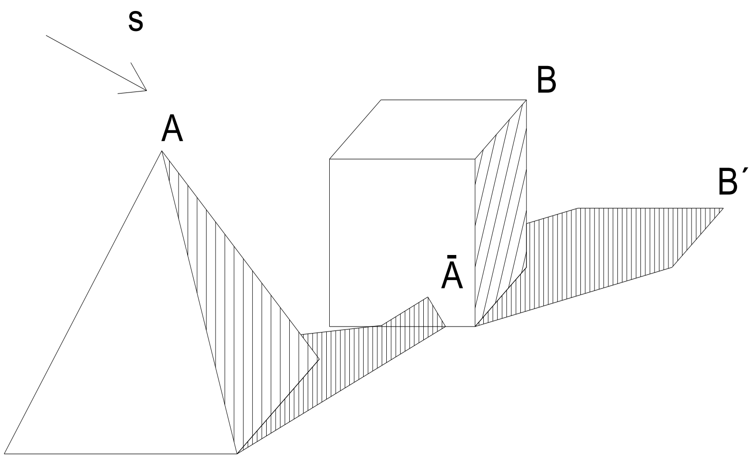
Při zobrazování objektů se snažíme docílit jejich nejvěrnějšího a nejnázornějšího zobrazení. Pro názornější zobrazení a lepší prostorový dojem využíváme osvětlení. Díky němu na objektu dobře vidíme osvětlenou část, část ve vlastním stínu a stín vržený na okolní objekty. Pro zjednodušení konstrukce osvětlení nahrazujeme světelné paprsky přímkami a zdrojem světla je bod. Středové osvětlení má zdroj světla ve vlastním bodě, zdrojem světla rovnoběžného osvětlení je bod nevlastní. Dále budeme předpokládat, že osvětlované objekty světelné paprsky zcela pohlcují, tzn., že tělesa jsou neprůhledná a neodrážejí světlo.

Jak již bylo zmíněno, tato práce se zabývá pouze osvětlením rovnoběžným. Průmět zdroje světla do průmětny (nevlastního bodu S^{∞} v prostoru) budeme značit jako úběžník R_s světelných paprsků.

Osvětlujeme-li bod A, vedeme jím světelný paprsek směru s, vrženým stínemA' bodu A do roviny ρ je průsečík světelného paprsku směru s s rovinou ρ. Osvětlujeme-li přímku p, vedeme světelný paprsek směru s každým jejím bodem, tyto paprsky tvoří světelnou rovinu λ. Vrženým stínem p' přímky p do roviny ρ je průsečnice této světelné roviny λ s rovinou ρ. Osvětlujeme-li úsečku AB ležící na přímce p, leží její vržený stín na vrženém stínu p' této přímky. Při osvětlování těles tvoří styčné přímky směru osvětlení světelnou plochu Ω, vrženým stínem osvětlovaného tělesa do roviny ρ je křivka, která je průnikem roviny ρ se světelnou plochou Ω.

Hranice vrženého stínu se nazývá mez vrženého stínu. Metodou zpětných paprsků určíme na osvětlovaném objektu jeho osvětlenou a neosvětlenou část, získáme tak vlastní stín objektu, jeho hranicí je mez vlastního stínu. Vedeme-li všemi body meze stínu vlastního daného objektu světelné paprsky, jejich vrženými stíny do roviny ρ jsou body meze vrženého stínu tohoto objektu. Zpětné paprsky využijeme také při určení meze vrženého stínu jednoho objektu na druhý. Z průsečíků vržených stínů vedeme přímky směru osvětlení a na objektu najdeme body, jejichž vržené stíny splývají, potom bod, ležící blíže zdroji světla, vrhá stín na ostatní.

Vržený stín budeme znázorňovat výraznějším šrafováním než stín vlastní, osvětlené části ponecháme bez šrafování. Vržený stín bodu A na ostatní objekty budeme značit $\bar{A}$.



Obr. 2.1.

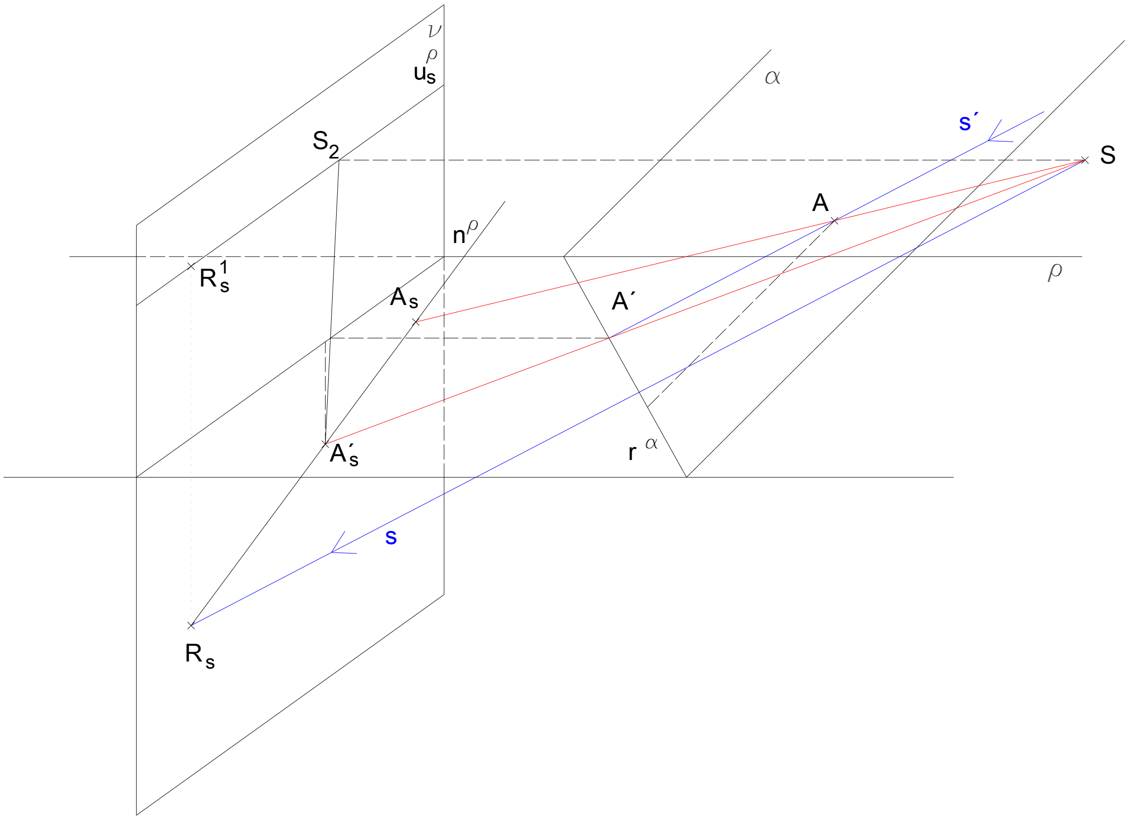
3. Rovnoběžné osvětlení ve středovém promítání

3.1. Postupy konstrukce rovnoběžného osvětlení ve středovém promítání

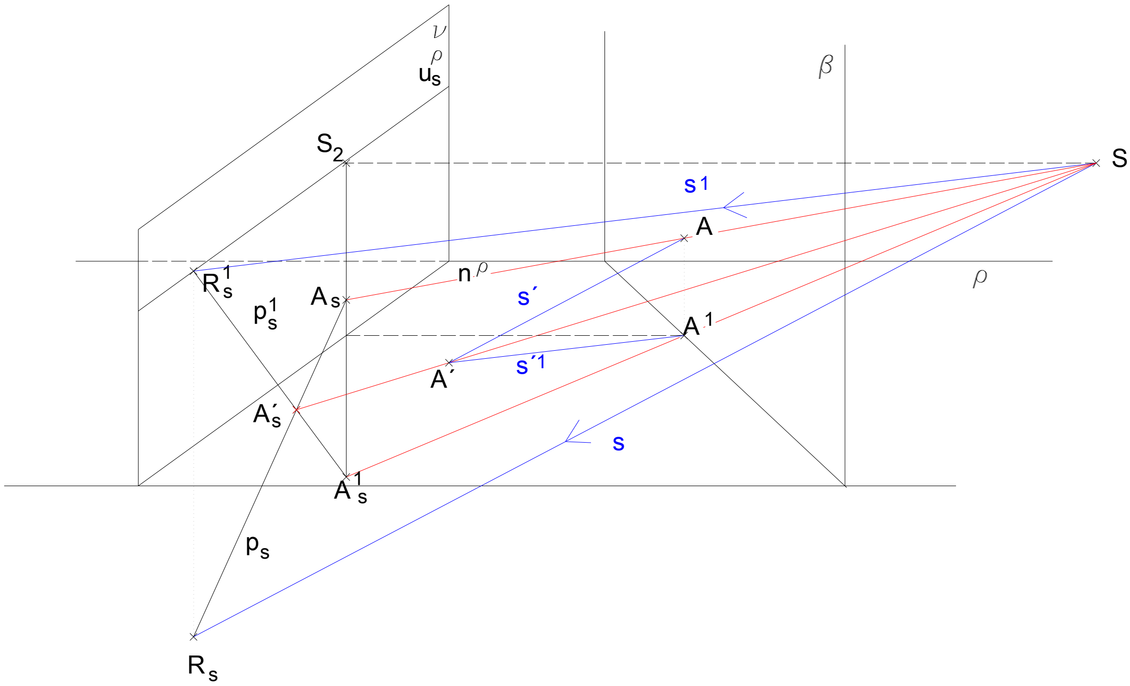
Osvětlení je určeno směrem světelných paprsků, konkrétně jejich úběžníkem R_s, a je dána rovina ρ, do které osvětlujeme. Pravoúhlé průměty světelných paprsků do roviny ρ jsou určeny úběžníkem R_s^1, ten leží na úběžnici roviny ρ.

Vržený stín A' bodu A do roviny ρ je průsečíkem světelného paprsku směru s procházejícího bodem A s rovinou ρ. Světelná rovina je určená světelným paprskem procházejícím bodem A a další přímkou procházející tímto bodem. Bod A' leží na průsečnici světelné roviny s rovinou ρ a na světelném paprsku směru s vedeném bodem A. Sestrojíme ho tedy jako průsečík tohoto paprsku s průsečnicí roviny ρ a světelné roviny procházející bodem A.

Při hledání vrženého stínu bodu A do roviny ρ můžeme využít dvou různých postupů *(úloha 3.2.1.)*. První se nejčastěji používá, je-li objekt, jehož stín hledáme, v obecné poloze nebo jeho hrany nejsou kolmé k rovině ρ *(Obr. 3.1.1.)*. Druhého postupu se využívá v případech, že hledáme vržený stín kolmých hranolů, jehlanů, válců či kuželů s podstavou rovnoběžnou s rovinou ρ *(Obr 3.1.2.)*. Tím, že známe pravoúhlý průmět A_1 bodu A do roviny ρ, se nám značně zjednoduší celý postup. Úběžník R_s^1 pravoúhlých průmětů světelných paprsků leží na úběžnici roviny ρ a spojnice $R_s^1 R_s$ prochází úběžníkem normál roviny ρ. Vržený stín libovolného bodu tělesa sestrojím jako průsečík přímky směru osvětlení, která prochází tímto bodem, s jejím pravoúhlým průmětem do roviny ρ.



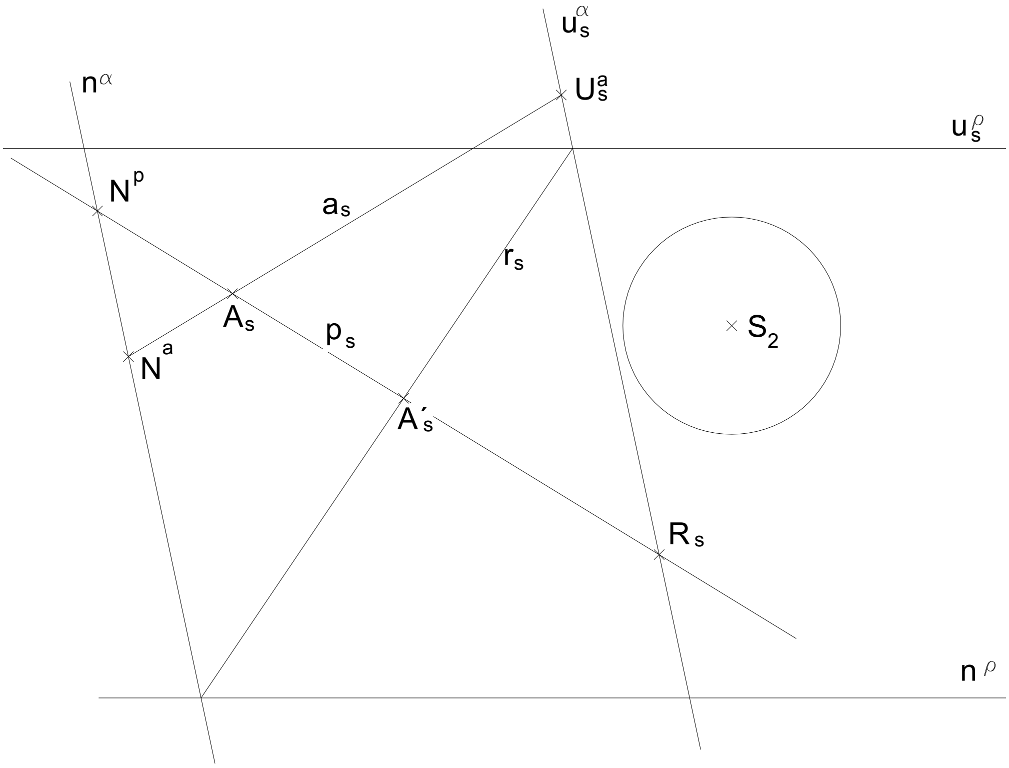
Obr. 3.1.1.



Obr. 3.1.2.

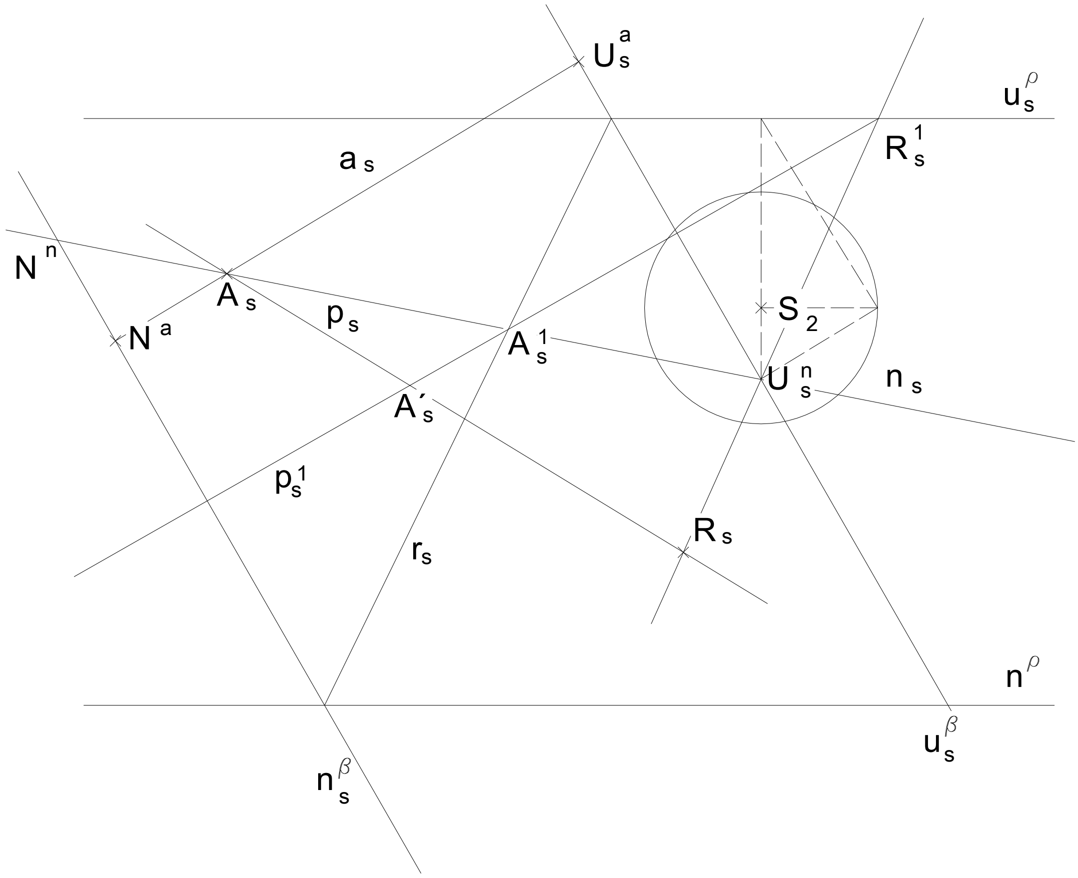
3.2. Příklady rovnoběžného osvětlení ve středovém promítání

Úloha 3.2.1. Sestrojte vržený stín bodu A do roviny ρ. Rovnoběžné osvětlení je určeno světelnými paprsky s úběžníkem R_s. Bod A je zadaný středovým průmětem A_s a nositelkou a_s. Rovina ρ je určena úběžnicí u_s^ρ a stopou n^ρ.



Řešení: Bodem A vedeme světelný paprsek p a určíme jeho průsečík s rovinou ρ, což je vržený stín A' bodu A do roviny ρ. Přímkami a a p je určena světelná rovina α přímky a, sestrojíme její stopu a úběžnici. Vržený stín A' bodu A do roviny ρ leží na průsečnici r roviny ρ s rovinou α. Bod A' je tedy průsečík světelného paprsku p s průsečnicí r.

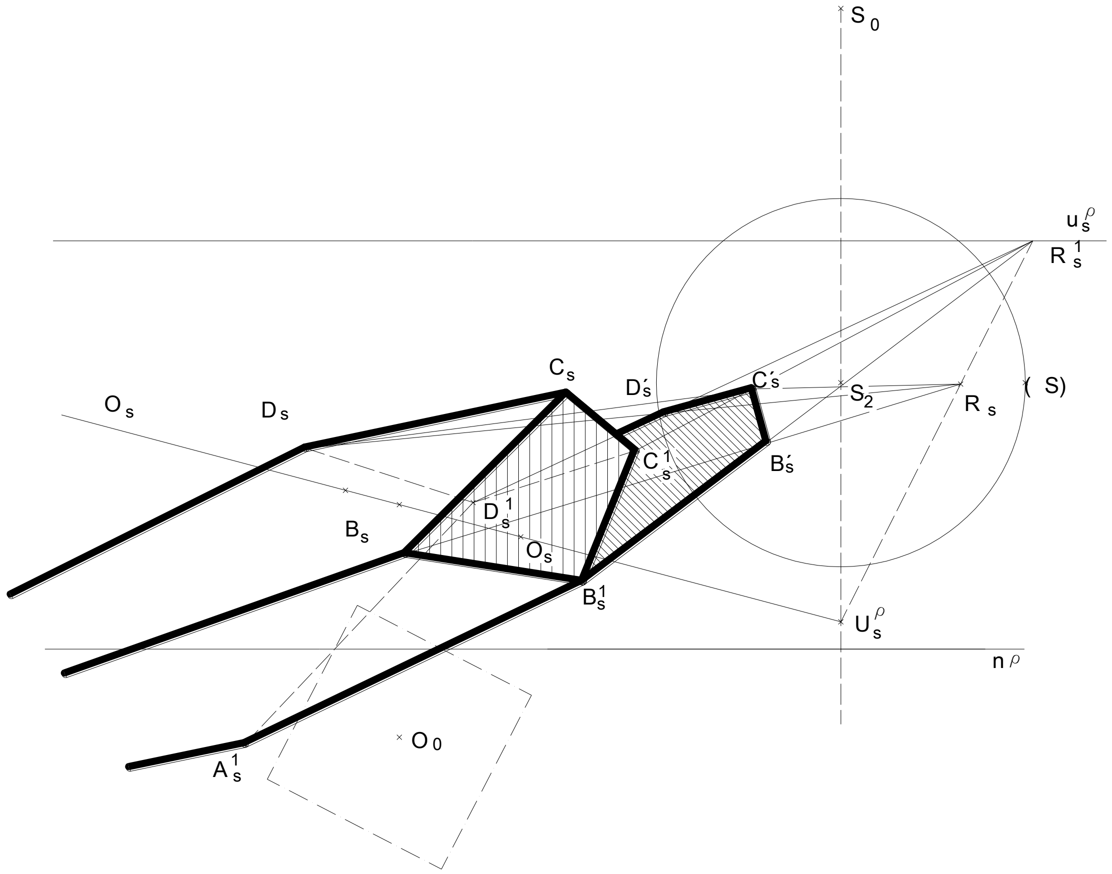
Středový průmět p_s světelného paprsku p prochází body A_s a R_s. Pomocnou světelnou rovinu α určíme její úběžnicí u_s^α a stopou n^α. Úběžnice u_s^α prochází úběžníky U_s^a a R_s, stopa prochází stopníkem N^a přímky a_s a je rovnoběžná s úběžnicí u_s^α. Na stopě roviny α leží stopník N^p světelného paprsku p_s. Středový průmět A'_s bodu A' je průsečíkem středového průmětu p_s světelného paprsku p a středového průmětu r_s průsečnice r.



Jiný způsob řešení: Tentokrát sestrojíme vržený stín bodu jako průsečík světelného paprsku s jeho pravoúhlým průmětem do roviny ρ . Bodem A vedeme normálu n roviny ρ. Sestrojíme pomocnou rovinu β určenou přímkou a a normálou n roviny ρ. Průsečnice r rovin ρ a β je pravoúhlým průmětem roviny β do roviny ρ. Pravoúhlý průmět úběžníku světelných paprsků R do roviny ρ je úběžníkem pravoúhlých průmětů těchto světelných paprsků do roviny ρ a leží na úběžnici roviny ρ. Vržený stín A' je průsečíkem světelného paprsku p procházejícího bodem A s jeho pravoúhlým průmětem do roviny ρ.

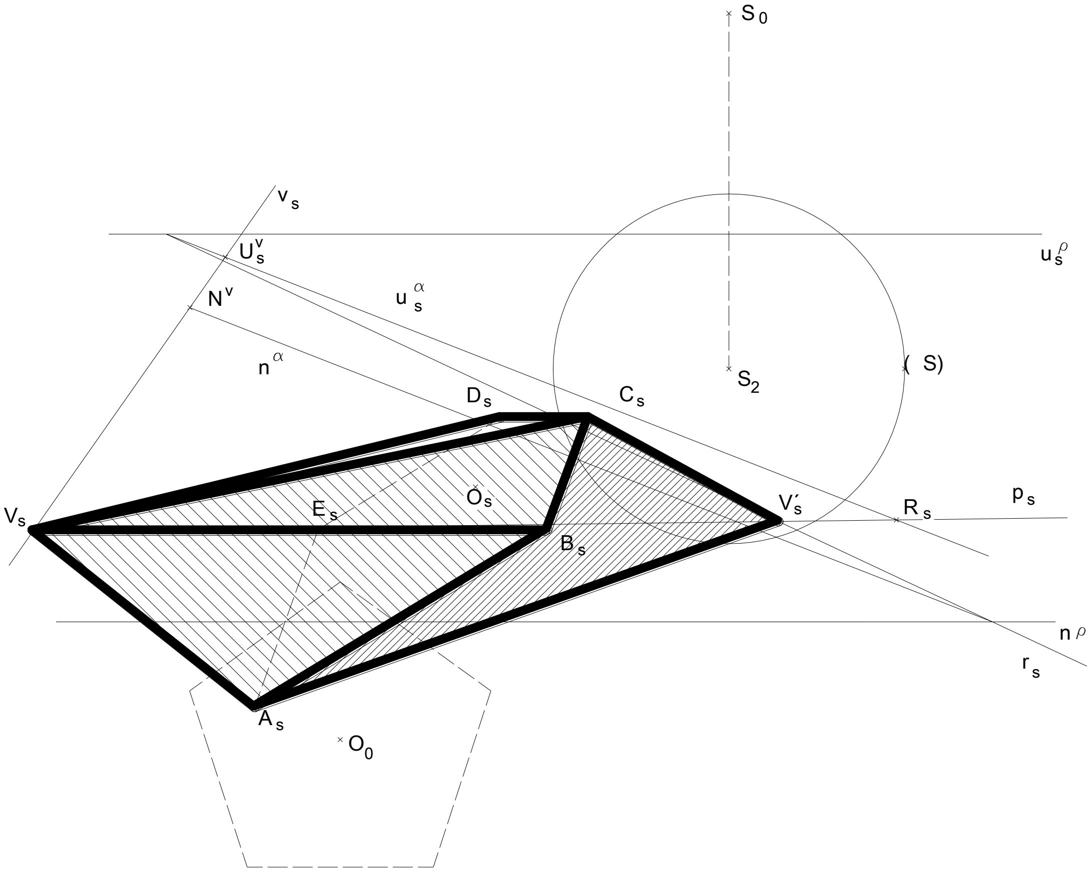
Známým způsobem sestrojíme úběžník normál U_s^n a středový průmět n_s normály n procházející bodem A_s. Pomocnou rovinu β, obsahující přímku a a normálu n , určím úběžnicí u_s^β, která prochází úběžníky U_s^n a U_s^a, její stopa n^β je rovnoběžná s úběžnicí u_s^β. Sestrojíme středový průmět r_s průsečnice r rovin ρ a β, její průsečík se středovým průmětem normály je pravoúhlý průmět A_s^1 bodu A do roviny ρ. Na úběžnici u_s^β leží úběžník R_s^1 pravoúhlých průmětů světelných paprsků. Vržený stín A_s' bodu A do roviny ρ je průsečík přímek A_sR_s a $A_s^1R_s^1$.

Úloha 3.2.2. Sestrojte rovnoběžné osvětlení krychle s podstavou v rovině ρ. Osvětlení je dáno světelnými paprsky s úběžníkem R_s, osvětlujeme do roviny podstavy. Krychle je určená bodem podstavy A_s a středem podstavy O_s.



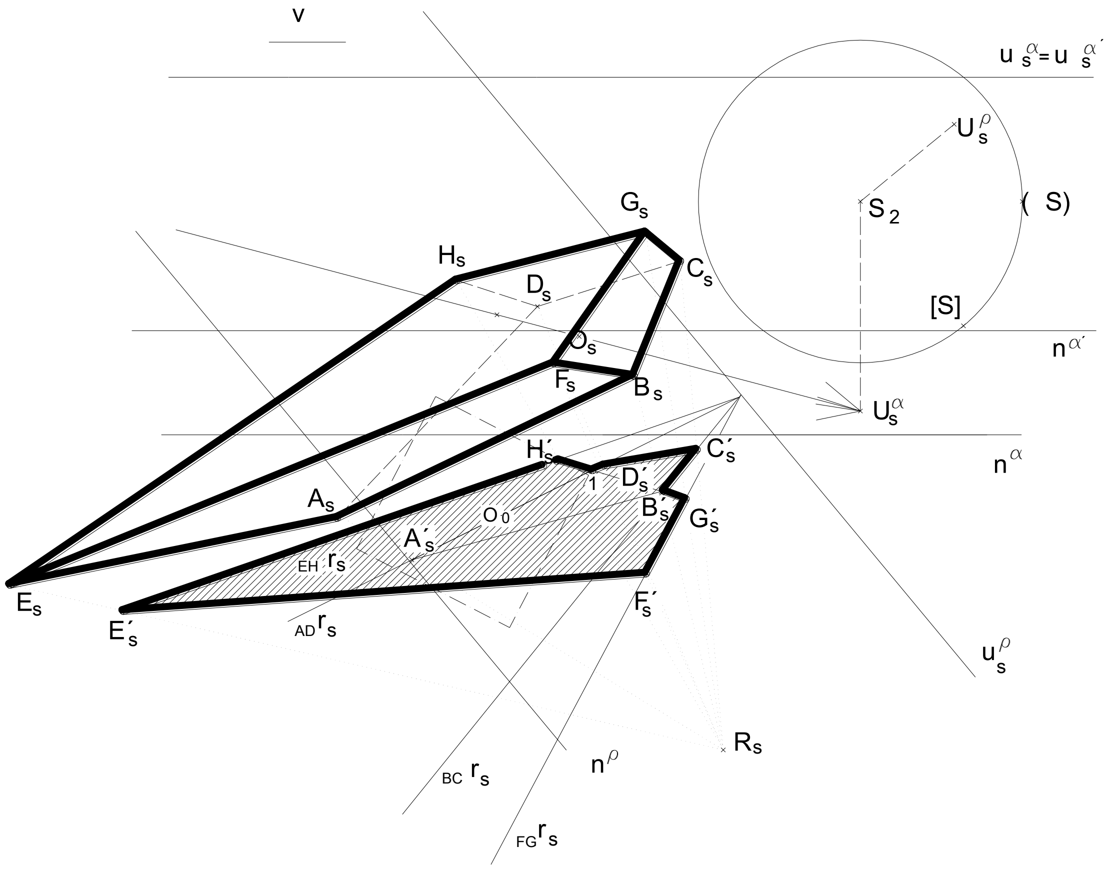
Řešení: Nejprve s pomocí otočení roviny ρ a úběžníku normál této roviny narýsujeme krychli $A_S^1 B_S^1 C_S^1 D_S^1 A_S B_S C_S D_S$ (bod A_s v tomto případě nezobrazuji, protože jeho poloha neovlivňuje mez vrženého stínu). Dále na úběžnici u_s^ρ sestrojíme úběžník R_S^1 pravoúhlých průmětů světelných paprsků. Následně sestrojíme vržené stíny jednotlivých hran krychle, vržené stíny hran dolní podstavy splývají s odpovídajícími hranami. Vržené stíny A'_s, B'_s, C'_s, D'_s bodů druhé podstavy sestrojím na průsečnicích roviny ρ se světelnými rovinami směru osvětlení, které procházejí jednotlivými hranami. Mez vrženého stínu krychle do roviny ρ je křivka $B_S^1 B'_s C'_s D'_s D_S^1\ C_S^1$. Nakonec ještě určíme vlastní stín této krychle, tím jsou strany $B_S^1 C_S^1 C_S B_S$ a $C_S^1 D_S^1 D_S C_S$.

Úloha 3.2.3. Sestrojte rovnoběžné osvětlení kosého jehlanu do roviny podstavy. Rovnoběžné osvětlení je dáno úběžníkem R_s světelných paprsků. Jehlan s pětiúhelníkovou podstavou v rovině ρ je zadán bodem podstavy A_s, jejím středem O_s a vrcholem V_s s nositelkou v_s.



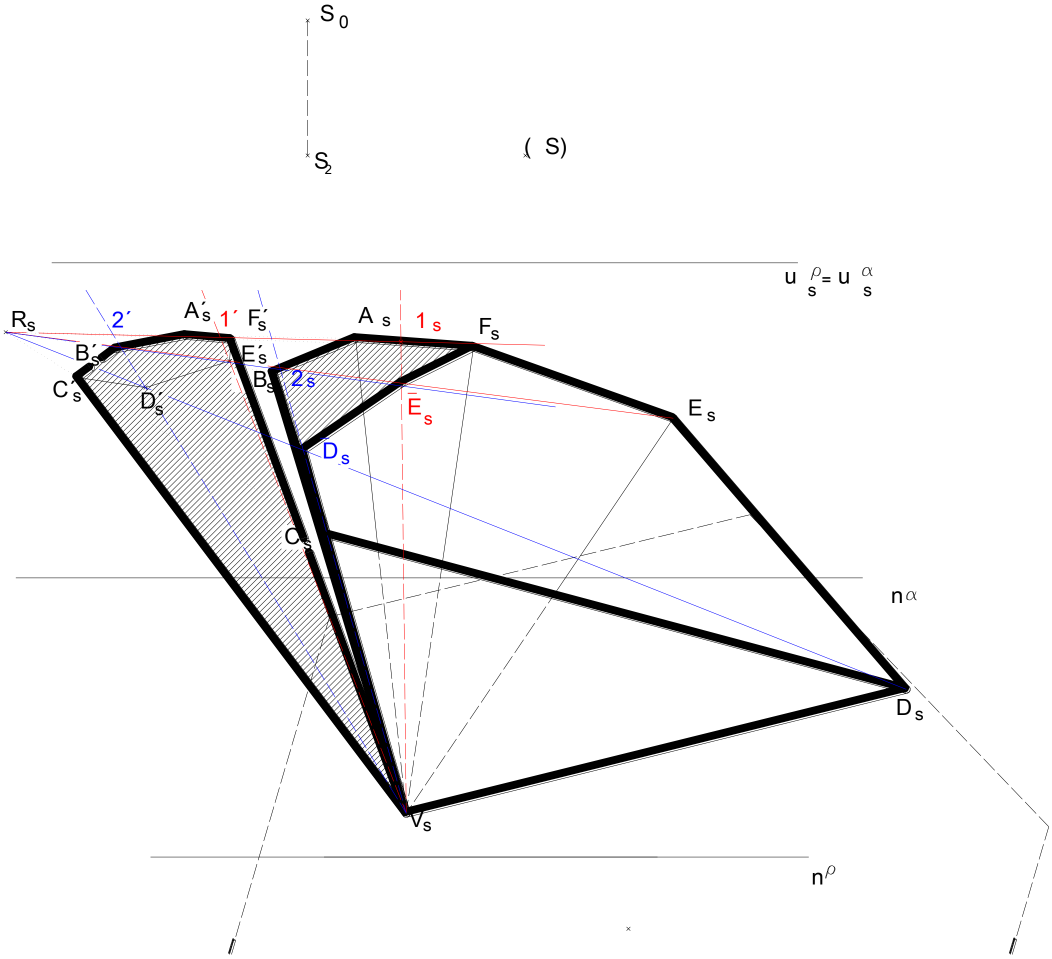
Řešení: Nejprve pomocí již známých konstrukcí sestrojíme jehlan s podstavou $A_sB_sC_sD_sE_s$ a vrcholem V_s. Vržené stíny bodů podstavy s těmito body splývají, hledáme tedy pouze vržený stín V'_svrcholu V_s. Protože je jehlan kosý, bude výhodnější využít pomocné světelné roviny α směru osvětlení, která prochází vrcholem V_s. Získáme tak vržený stín V'_sležící na světelném paprsku p_s bodu V_s a na průsečnici r_s rovin α a ρ. Následně sestrojíme vržený stín $A_sV'_sC_s\,B_s$ a mez stínu vlastního, vlastním stínem jsou pobočné stěny $A_sB_sV_s$ a $B_sC_sV_s$.

Úloha 3.2.4. Sestrojte rovnoběžné osvětlení kolmého hranolu se čtvercovou podstavou v rovině α. Osvětlení je dáno světelnými paprsky s úběžníkem R_s, osvětlujeme do roviny ρ. Hranol je určený středem podstavy O_s, jejím bodem A_s a výškou v, rovina α je zadaná svou stopou a úběžnicí.



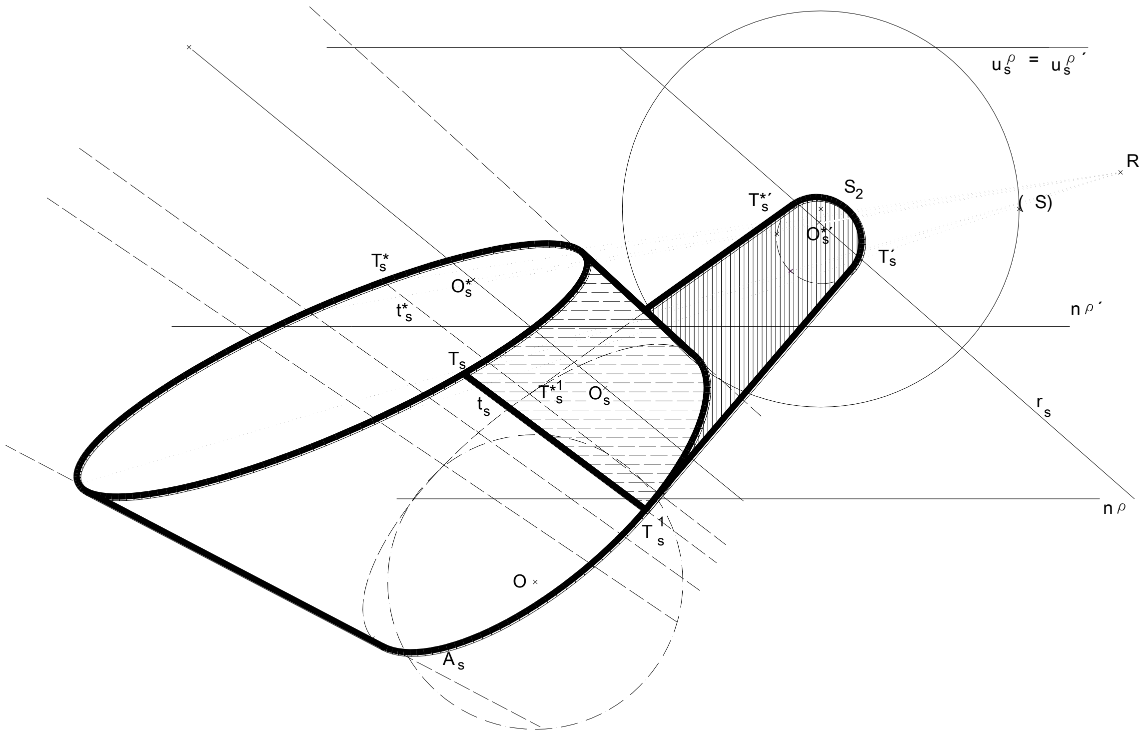
Řešení: Sestrojíme hranol $A_sB_sC_sD_sE_sF_sG_sH_s$ s podstavou v rovině α, rovina α' je rovinou horní podstavy. Protože roviny ρ a $\alpha\ (\alpha')$ nemají speciální polohu (nejsou rovnoběžné ani vzájemně kolmé), bude při řešení výhodnější využít pomocných světelných rovin směru osvětlení, které procházejí hranami obou podstav hranolu. Vržené stíny jednotlivých hran leží na průsečnicích r_s těchto světelných rovin s rovinou ρ a jsou určeny paprsky p_s směru osvětlení, které prochází odpovídajícími vrcholy obou podstav. Získám vržené stíny obou podstav $A'_sB'_sC'_sD'_s$, $E'_sF'_sG'_sH'_s$ a následně mez vrženého stínu jako křivku $E'_sF'_sG'_sB'_sC'_sD'_s1H'_s$, kde bod 1 je průsečík vržených stínů obou podstav. Ve vlastním stínu leží stěny $A_sB_sC_sD_s$, $A_sB_sF_sE_s$ a $A_sD_sH_sE_s$.

Úloha 3.2.5. Sestrojte rovnoběžné osvětlení dutého šestibokého jehlanu do roviny ρ. Jehlan má vrchol V_s v rovině ρ, podstavu v rovině α určenou středem O_s a bodem A_s $(\alpha \| \rho)$. Osvětlení je dáno světelnými paprsky s úběžníkem R_s.



Řešení: Nejprve sestrojíme dutý jehlan $A_sB_sC_sD_sE_sF_sV_s$, jeho osa prochází bodem V_s a je kolmá na rovinu ρ. Dále využijeme prvního způsobu konstrukce vrženého stínu a sestrojíme pomocné světelné roviny, které procházejí hranami podstavy a jsou určené směrem osvětlení, na jejich průsečnicích s rovinou ρ určíme vržené stíny bodů podstavy. Vrchol je zároveň i vrženým stínem vrcholu. Mezí vrženého stínu je křivka $V_sC'_sB'_sA'_sF'_s$ a vlastním stínem jsou pobočné stěny $C_sB_sV_s$, $B_sA_sV_s$ a $A_sF_sV_s$ (konstrukce vržených stínů do roviny ρ zde nejsou znázorněny, protože postup je stejný jako v předchozích příkladech). Dále osvětlíme i vnitřní strany jeho stěn, tedy sestrojíme vržené stíny hran podstavy na vnitřní stěny. Stěny $C_sD_sV_s$, $D_sE_sV_s$ a $E_sF_sV_s$ budou ve vlastním stínu. Ten sestrojíme jako průsečíky světelných rovin hran $C_S D_S$, $D_S E_S$ a $E_S F_S$ se stěnami $C_S D_S V_S$, $D_S E_S V_S$ a $E_S F_S V_S$. Průsečnice s rovinou ρ jedné ze světelných rovin je přímka $V_S E'_S$, ta protíná vržený stín podstavy v době 1 ($1 \in A'_S F'_S$) a plášť jehlanu v povrchové přímce $1_S V_S$, bod $\bar{E}_S$ leží na této površce a na světelném paprsku, který prochází bodem E_S. Bod $\bar{E}_S$ je vrženým stínem bodu E_S na stěnu $A_S F_S V_S$. Stejným způsobem sestrojíme vržené stíny bodů C_S, D_S a F_S. A následně i vržené stíny $\bar{C}_S$, $\bar{D}_S$ a $\bar{F}_S$ na vnitřní stěny.

Úloha 3.2.6. Sestrojte rovnoběžné osvětlení válce do roviny podstavy. Osvětlení je dáno světelnými paprsky s úběžníkem R_s. Dále jsou dány středy O_s, O_s^* obou podstav a bod dolní podstavy A_s. Rovina ρ je rovinou dolní a rovina ρ' je rovinou horní podstavy.



Řešení: Sestrojíme zadaný válec, v tomto případě protiúběžnice neprotíná kružnici v otočení, proto se podstava zobrazí jako elipsa. Dále pomocí světelné roviny směru osvětlení procházející středem horní podstavy O_s^* narýsujeme vržený stín $O_s^*{}'$ bodu O_s^* . Při sestrojování vržených stínů ostatních bodů využijeme osové afinity, je určena body $O_s^*, O_s^*{}'$ a její osa odpovídá úběžnici u_s^ρ. Z bodu R_s^1 vedeme tečny k elipse spodní podstavy ležící v rovině ρ, tečné body nazveme T_s^1 a T_s^{*1}, jim odpovídající body horní podstavy jsou body T_s a T_s^*. Víme, že vržený stín sdružených průmětů elipsy jsou sdružené průměty jejího stínu. Sestrojíme tedy vržený stín sdružených průmětů elipsy, její vržený stín a následně mez stínu vrženého křivku $T_s^*{}'T_s{}'T_s^1T_s^{*1}$. Povrchové přímky t_s, t_s^* určují hranici mezi osvětlenou částí tělesa a částí ve stínu, tyto přímky jsou tečny tečných rovin směru osvětlení. Mezí stínu vlastního je křivka$T_s^*T_sT_s^1T_s^{*1}$.

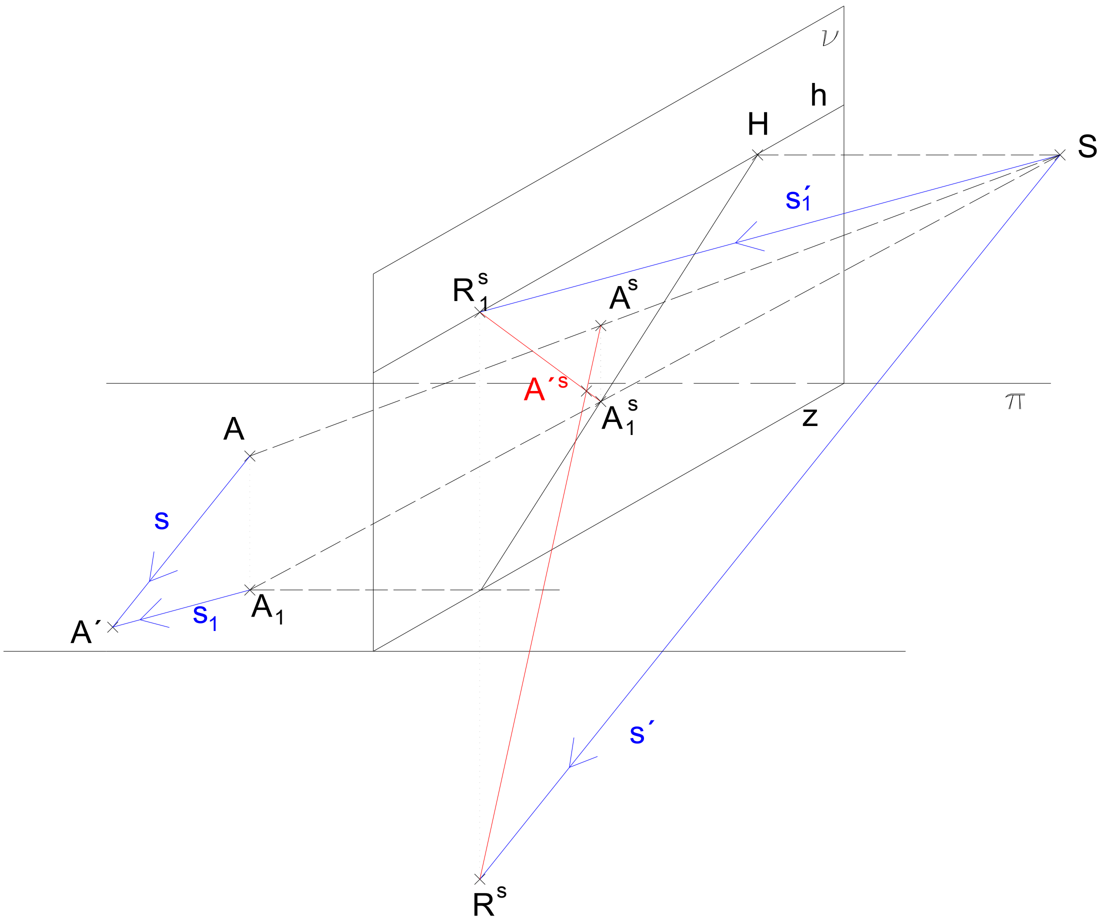
4. Rovnoběžné osvětlení v lineární perspektivě

4.1. Postupy konstrukce rovnoběžného osvětlení v lineární perspektivě

Rovnoběžné osvětlení v lineární perspektivě je určeno směrem s a jeho pravoúhlým průmětem s_1 na základní rovinu. Protože jsou všechny přímky směru s navzájem rovnoběžné, mají společný úběžník R^s, jejich pravoúhlé průměty na základní rovinu jsou také rovnoběžné a jejich společným úběžníkem je bod $R_1^s \in$ h. Spojnice $R^s R_1^s$ je úběžnicí světelných rovin kolmých k základní rovině, protože je to úběžnice pravoúhle promítací roviny směru osvětlení na základní rovinu a je kolmá na horizont h

Vržený stín bodu A na základní rovinu π označíme jako A'. Určíme ho jako průsečík světelného paprsku procházejícího bodem A se základní rovinou, tedy průsečík světelného paprsku s procházejícího bodem A a jeho pravoúhlého průmětu s_1 na základní rovinu. Při konstrukci bodu A' je třeba nejprve najít kolmý průmět A_1bodu A na základní rovinu. Přímka $A^s R^s$ je perspektivou světelného paprsku směru s procházejícího bodem A a přímka $A_1^s R_1^s$ je perspektivou pravoúhlého průmětu tohoto paprsku na základní rovinu. Potom vržený stín bodu A sestrojím jako průsečík perspektivy přímky směru s s perspektivou jejího pravoúhlého průmětu s_1 na základní rovinu, tzn., že spojnice $A_1^s R_1^s$ a $A^s R^s$protínají právě v perspektivě vrženého stínu A'^s.

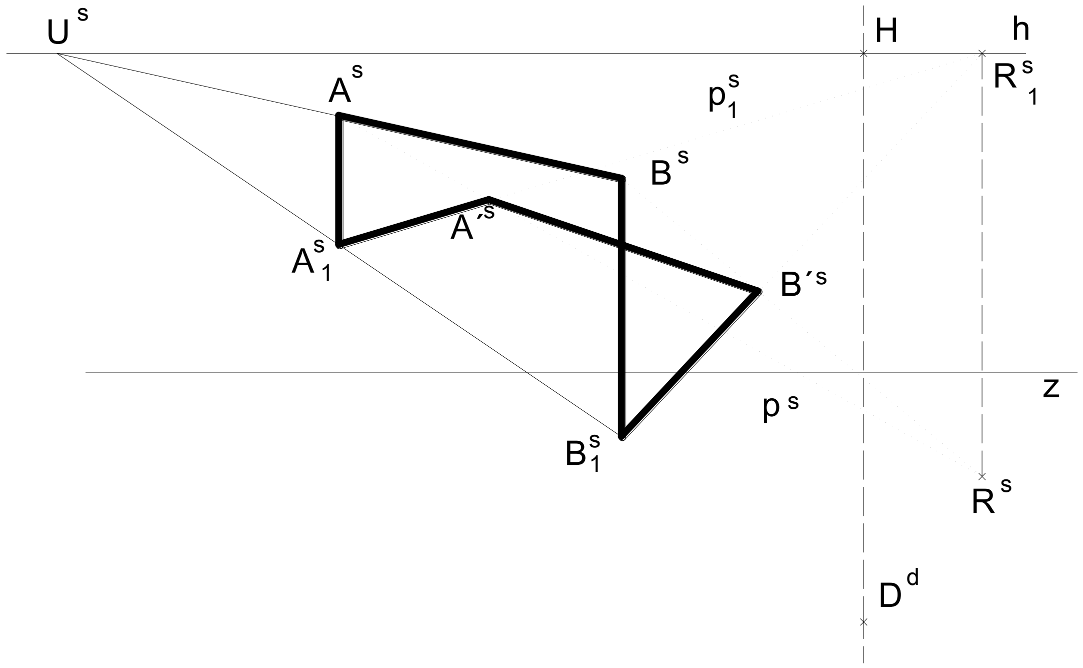
Mezi perspektivou rovinného útvaru a perspektivou vrženého stínu tohoto útvaru na základní rovinu je kolineace se středem ve středu osvětlení a osou, která je průsečnicí roviny útvaru se základní rovinou. Takže vrženým stínem kuželosečky je opět kuželosečka. V rovnoběžném osvětlení je střed kolineace nevlastní bod, vrženým stínem kružnice je tedy elipsa.



Obr. 4.1.

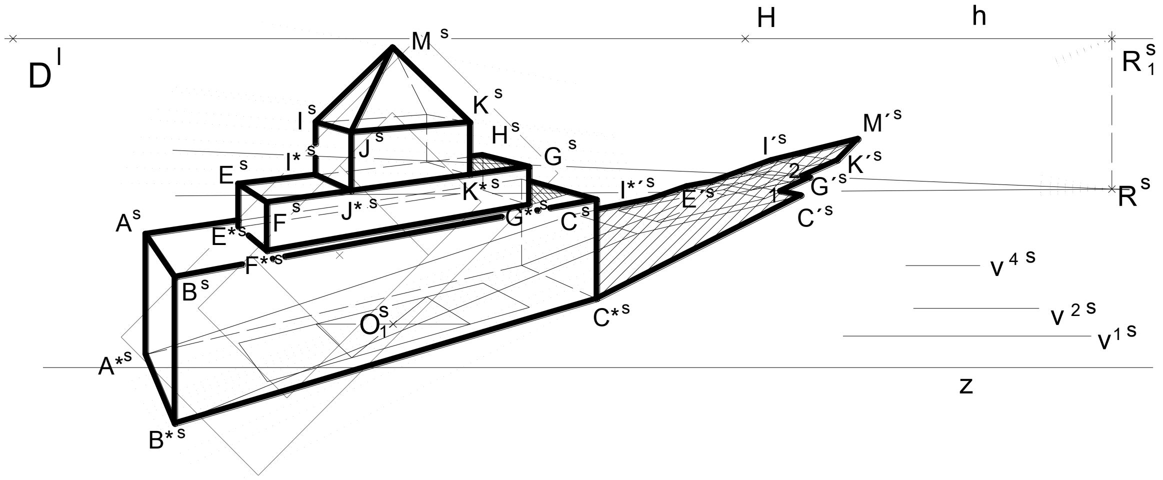
4.2. Příklady rovnoběžného osvětlení v lineární perspektivě

Úloha 4.2.1. Sestrojte vržený stín již sestrojené fotbalové branky $B_1^s A_1^s A^s B^s$ na trávník (základní rovinu). Rovnoběžné osvětlení je dáno úběžníkem světelných paprsků R^s, perspektiva je zadaná základnicí z, horizontem h, hlavním bodem H a dolním distančníkem D^d.



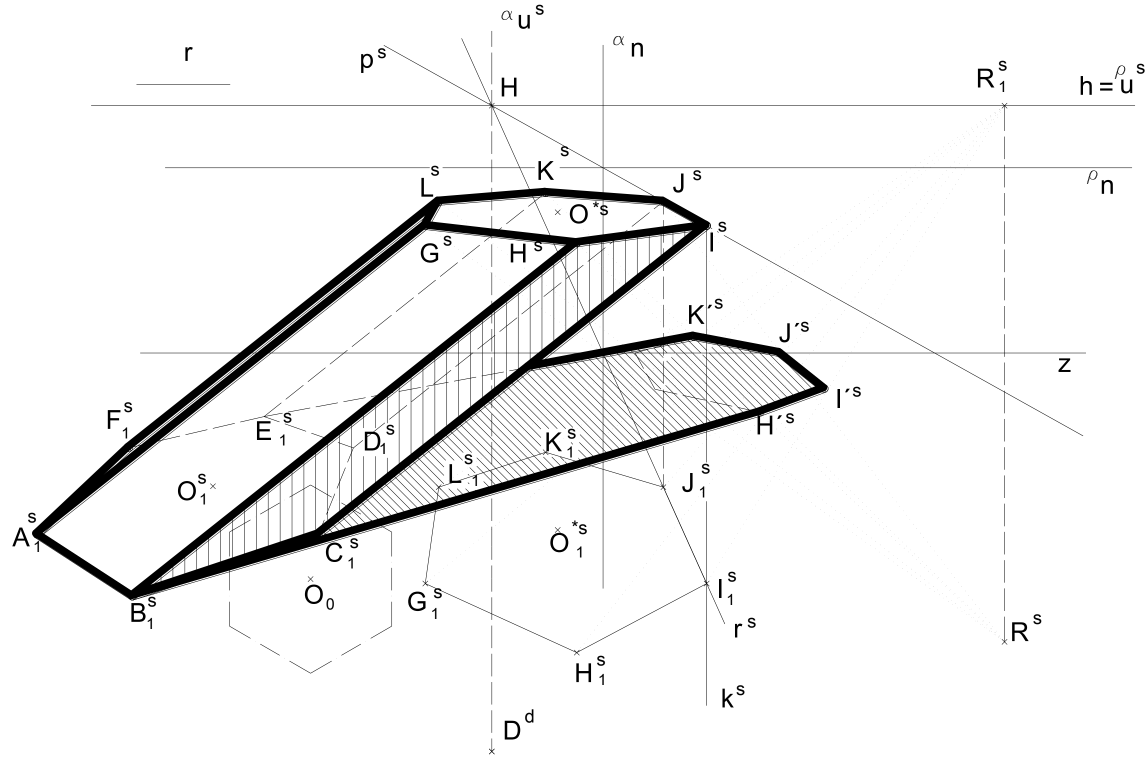
Řešení: Na tomto příkladě si názorně ukážeme použití poznatků z kapitoly *4.1.* při konstrukci vrženého stínu. Perspektiva je zadaná základnicí, horizontem, hlavním bodem, dolním distančníkem a osvětlení je dáno úběžníkem R^s světelných paprsků. Nejprve sestrojíme úběžnici světelných rovin, ta je kolmá na horizont, její průsečík s horizontem je úběžník pravoúhlých průmětů světelných paprsků bod R_1^s. Bodem A vedeme světelný paprsek p. Perspektiva p^s paprsku p je určena body A^s a R^s. Vržený stín A' bodu A je průsečíkem světelného paprsku p a jeho pravoúhlého průmětu na základní rovinu. Perspektivu vrženého stínu A'^s bodu A^s určíme jako průsečík přímky p^s s jejím pravoúhlým průmětem na základní rovinu p_1^s. Stejně postupujeme při hledání vrženého stínu B' bodu B. Vrženým stínem je tedy křivka $A_1^s B_1^s B'^{\,s} A'^{\,s}$.

Úloha 4.2.2. Sestrojte rovnoběžné osvětlení věže z kostek stojící na základní rovině do této roviny, znáte-li pravoúhlý průmět středů podstav jednotlivých kostek bod O_1^s, pravoúhlé průměty podstav v otočení a jednotlivé výšky kostek. Osvětlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s. Na základní rovině stojí kostka tvaru kvádru, podstavy k_0^1 a výšky v^1, na ní stojí kostka tvaru kvádru, podstavy k_0^2 a výšky v^2, na ní stojí krychle podstavy k_0^3 a na této krychli stojí pravidelný čtyřboký jehlan výšky v^4, jehož podstava je totožná s horní podstavou krychle.



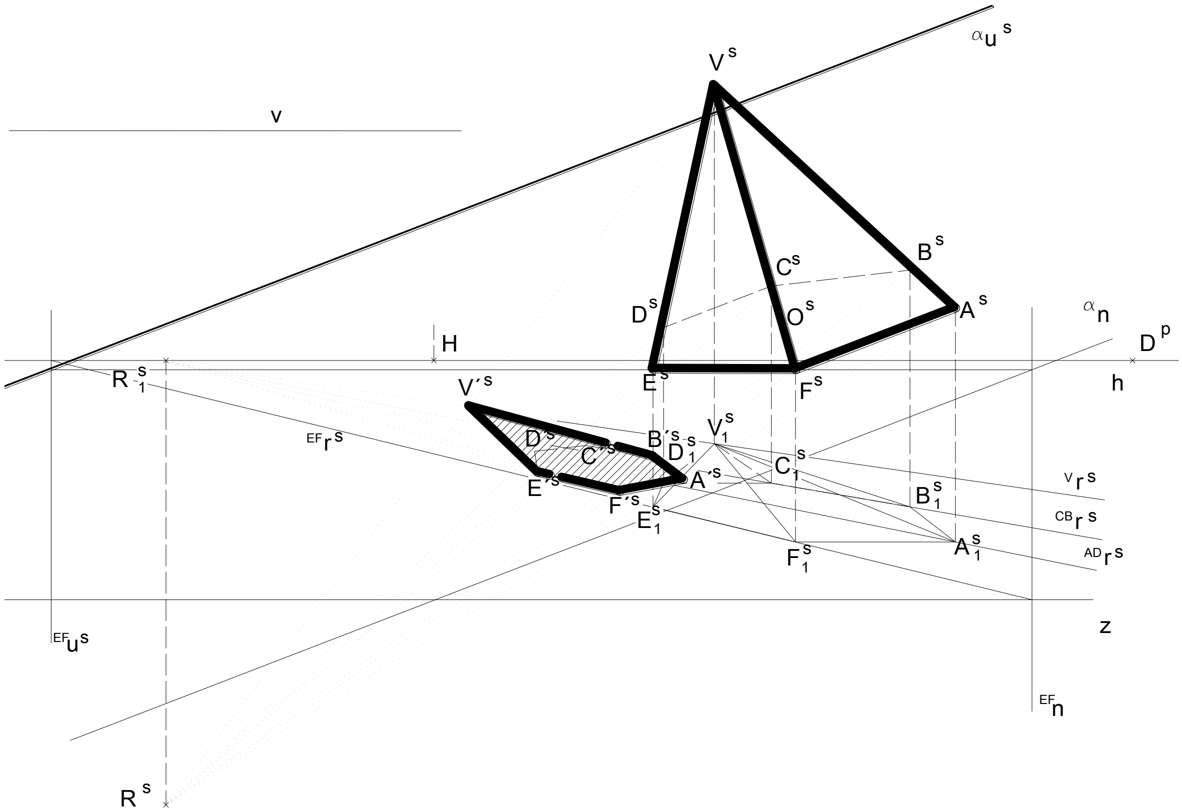
Řešení: Nejdříve sestrojíme průměty podstav na základní rovinu a postupně naneseme jednotlivé výšky. Dále sestrojíme úběžnici světelných rovin, jejíž průsečík s horizontem je úběžník pravoúhlých průmětů světelných paprsků R_1^s. Nyní najdeme vržené stíny vrcholů všech těles, z nich určíme mez vrženého stínu na základní rovinu. Vržené stíny hran C^sD^s a $G^{*s}G^s$ se protínají v bodě 1, G^sH^s a K^sK^{*s} v bodě 2. Mezí vrženého stínu je křivka $C^{*s}C'^s1G'^s2K'^sM'^sI'^sE'^sI^{*\prime s}A^{*s}$ a ve vlastním stínu leží stěny $A^{*s}D^{*s}D^sA^s$, $C^{*s}D^{*s}D^sC^s$, $E^{*s}H^{*s}H^sE^s$, $G^{*s}H^{*s}H^sG^s$ $I^{*s}L^{*s}L^sI^s$ $K^{*s}L^{*s}L^sK^s$, $I^sL^sV^s$ a $K^sL^sM^s$. Následně určíme mez stínu vrženého jednotlivých těles na ostatní tělesa. K tomu využijeme metodu zpětných paprsků. Nejprve najdeme průsečíky vržených stínů hran tělesa, zde jsou to body $1, 2$. Bodem 2 vedeme paprsek směru osvětlení a určíme jeho průsečík s odpovídajícími hranami. Průsečík, který leží blíže zdroji světla, vrhá stín na druhý. V našem případě světelný paprsek vedený bodem 2 protíná hrany G^sH^s a K^sK^{*s}. Průsečík tohoto světelného paprsku s hranou K^sK^{*s} leží blíže zdroji světla. Hrana K^sK^{*s} vrhá tedy stín na hranu G^sH^s. Stejným způsobem najdeme vržený stín hrany $G^{*s}G^s$ na hranu C^sD^s.

Úloha 4.2.3. Sestrojte rovnoběžné osvětlení kosého šestibokého hranolu s podstavou v základní rovině, středem podstavy v bodě O_1^s a poloměrem r. Střed druhé podstavy O^{*s} leží v rovině ρ, ta je rovnoběžná se základní rovinou a zadaná stopou. Osvětlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s.



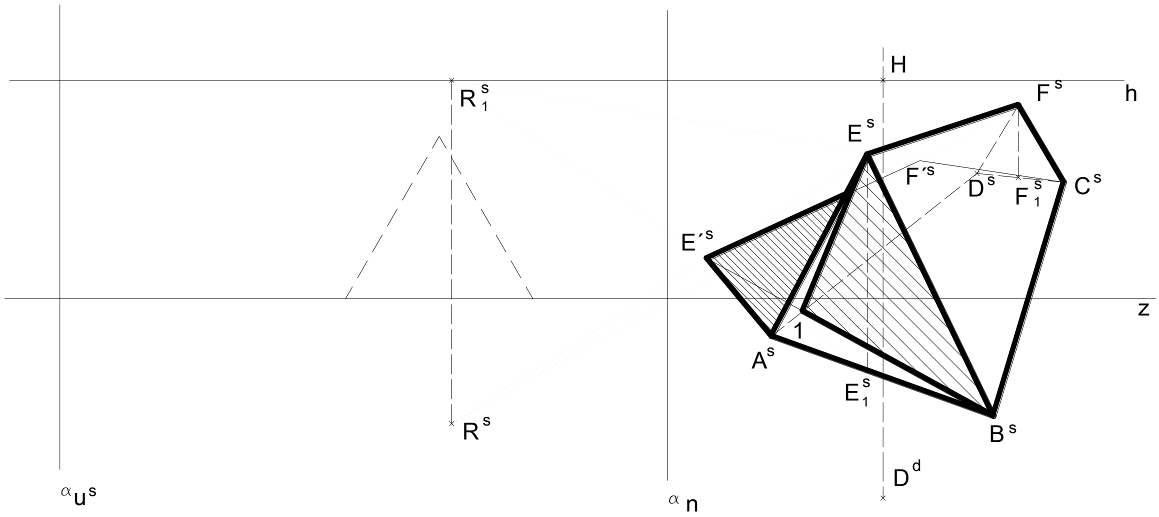
Řešení: Sestrojíme šestiboký hranol $A_1^sB_1^sC_1^sD_1^sE_1^sF_1^sG^sH^sI^sJ^sK^sL^s$ a úběžnici světelných rovin, jejíž průsečík s horizontem je úběžník pravoúhlých průmětů světelných paprsků bod R_1^s. Pomocí pomocných rovin, které jsou kolmé na základní rovinu a procházejí jednotlivými hranami horní podstavy, sestrojíme pravoúhlý průmět horní podstavy na základní rovinu. V obrázku je sestrojena pomocná rovina α, která je určena kolmicí k^s v bodě I^s a přímkou p^s (procházející body J^sI^s). Pravoúhlé průměty J_1^s, I_1^s bodů J^s, I^s na základní rovinu leží na průsečnici r^s základní roviny s rovinou ρ a na přímkách kolmých k základní rovině, které procházejí body J^s, I^s. Stejným způsobem sestrojíme body $K_1^s, L_1^s, G_1^s, H_1^s$. Nyní můžeme již známým způsobem sestrojit vržený stín horní podstavy na základní rovinu, vržený stín dolní podstavy je incidentní s dolní podstavou. Dále sestrojíme mez vrženého stínu, tou je křivka $B_1^sH'^sI'^sJ'^sK'^sE_1^sD_1^s$. Ve vlastním stínu leží stěny $\mathrm{B_1^sC_1^sI^sH^s}$, $\mathrm{C_1^sD_1^sJ^sI^s}$ a $\mathrm{D_1^sE_1^sK^sJ^s}$.

Úloha 4.2.4. Sestrojte rovnoběžné osvětlení kolmého šestibokého jehlanu s podstavou v rovině α. Jehlan je určen jedním vrcholem podstavy A^s, středem podstavy O^sa výškou v. Osvětlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s, osvětlujeme na základní rovinu. Perspektiva je zadaná základnicí z, horizontem h, hlavním bodem H a pravým distančníkem D^p.



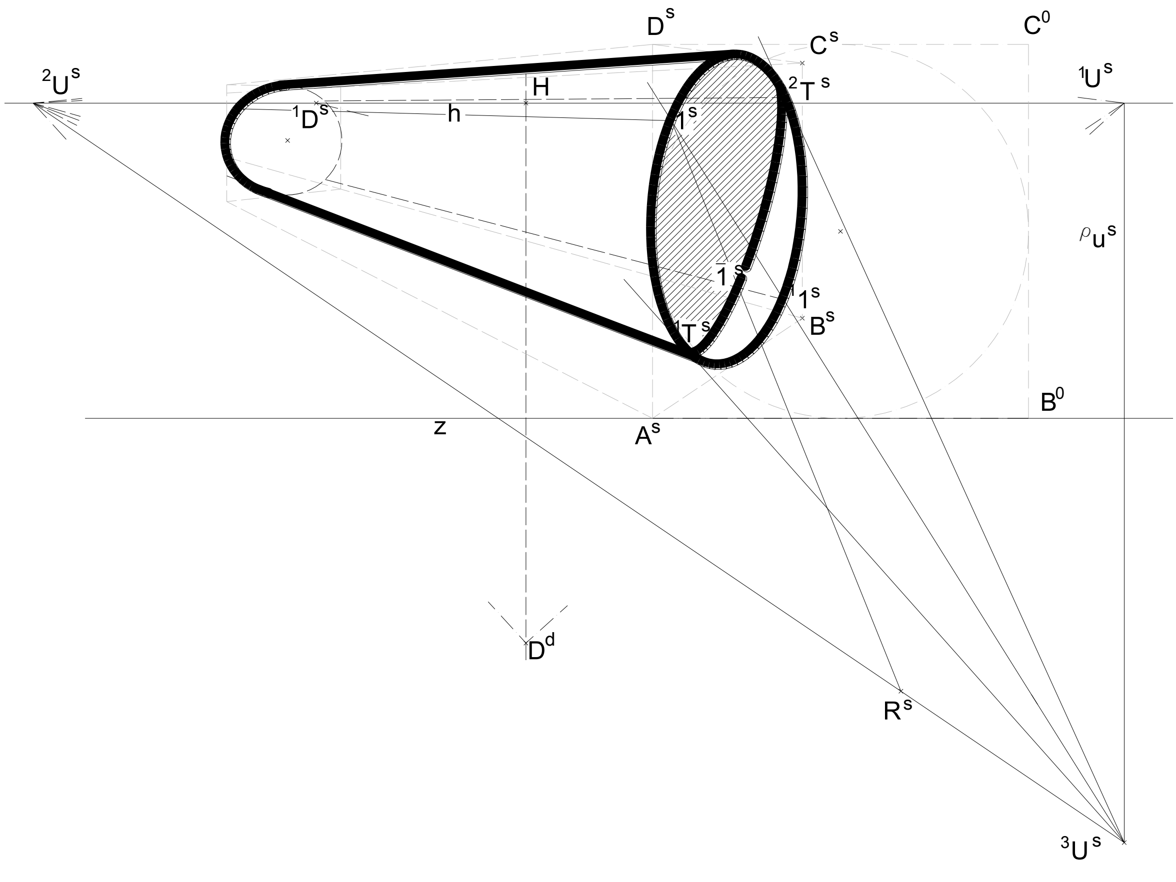
Řešení: Sestrojíme jehlan $A^sB^sC^sD^sE^sF^sV^s$. Dále najdeme pravoúhlé průměty jeho vrcholů $A_1^s, B_1^s, C_1^s, D_1^s, E_1^s, F_1^s, V_1^s$, při jejich hledání použijeme pomocných rovin kolmých na základní rovinu. Zvolíme rovinu, která prochází hranou E^sF^s a je kolmá na základní rovinu. Určíme ji stopou a úběžnicí. Na průsečnici této roviny se základní rovinou a na přímkách kolmých k základní rovině, které procházejí body E^s, F^e, leží pravoúhlé průměty E_1^s, F_1^s. Stejným způsobem najdeme pravoúhlé průměty ostatních bodů. Tak získáme pravoúhlý průmět daného šestibokého jehlanu na základní rovinu. Dále sestrojím úběžník pravoúhlých průmětů světelných paprsků R_1^s a již známým způsobem vržené stíny všech vrcholů jehlanu na základní rovinu. Mez vrženého stínu je křivka $V'E'F'A'B'$. Ve vlastním stínu leží stěny $E^sD^sV^s, D^sC^sV^s$ a $C^sB^sV^s$.

Úloha 4.2.5. Sestrojte rovnoběžné osvětlení pravidelného dutého trojbokého hranolu na základní rovinu. Hranol leží na jedné stěně, obě jeho podstavy leží v rovinách kolmých k základní rovině. Hranol je určen body A^s , B^s , C^s ležícími v základní rovině. Osvětlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s.



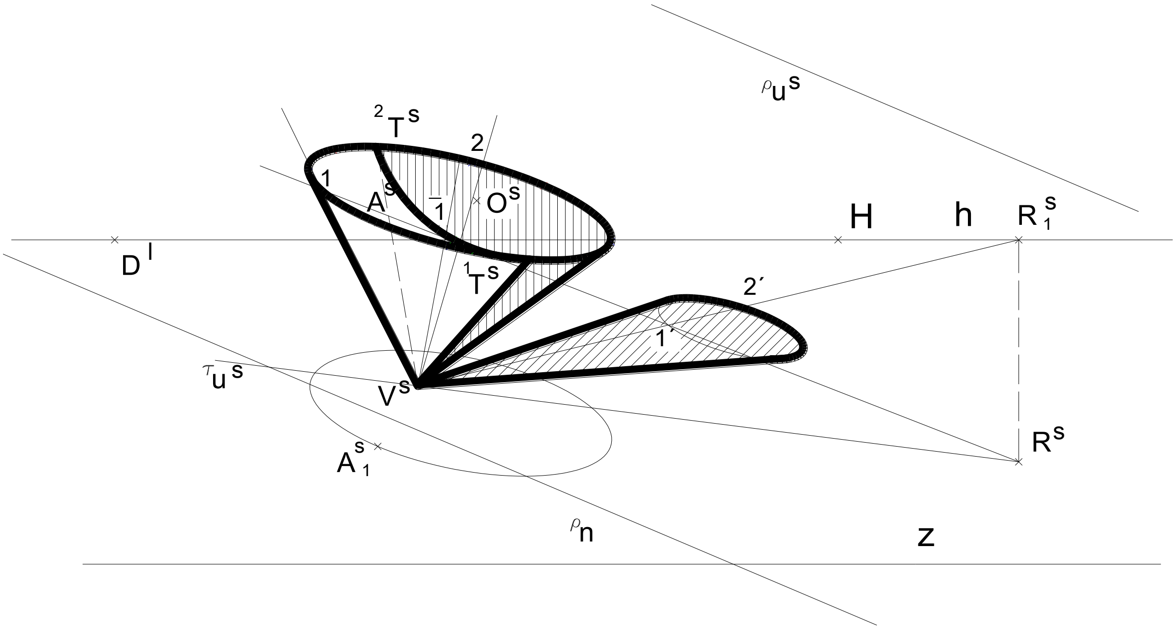
Řešení: Nejdříve sestrojíme rovinu α, ta je kolmá na přímku základní roviny A^sD^s a prochází bodem B^s. V otočení roviny α sestrojím rovnostranný trojúhelník $A_0B_0E_0$. Trojúhelník $A^sB^sE^s$ je podstavou hranolu, druhá podstava je s ní rovnoběžná a prochází bodem D^s, perspektivy rovnoběžných hran mají společný úběžník. Narýsujeme hranol $A^sB^sC^sD^sE^sF^s$. Potom sestrojíme úběžník pravoúhlých průmětů světelných paprsků R_1^s a vržené stíny E'^s, F'^s bodů E^s, F^s na základní rovinu. Body A^s, B^s, C^s, D^s splývají se svými vrženými stíny na základní rovinu. Mez vrženého stínu je křivka $A^sD^sE'^sF'^s$, ve vlastním stínu jsou stěny $A^sD^sF^sE^s$ a $C^sD^sF^s$. Dále sestrojíme vržený stín osvětlené stěny $B^sC^sF^sE^s$ na stěny $B^sC^sA^sD^s$ a $A^sD^sF^sE^s$. Mezí tohoto vrženého stínu bude vržený stín hrany B^sE^s. Proložím pomocnou rovinu procházející body $B^sE^sE'^s$, ta protíná stěny $B^sC^sA^sD^s$ a $A^sD^sF^sE^s$ v křivce B^sE^s1, tato křivka je zároveň mezí stínu vrženého na vnitřní strany stěn hranolu.

Úloha 4.2.6. Sestrojte mez vlastního stínu a vržený stín dovnitř dutého válce ležícího na základní rovině. Podstavná kružnice válce leží ve svislé rovině ρ a je určena dvěma stranami čtverce kružnici opsaného, úsečkami $A^s D^s, A^s B^s$. Povrchové přímky válce procházejí úběžníkem $^2U^s$, vzdálenost obou podstav určíme libovolně. Rovnoběžné světlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s.



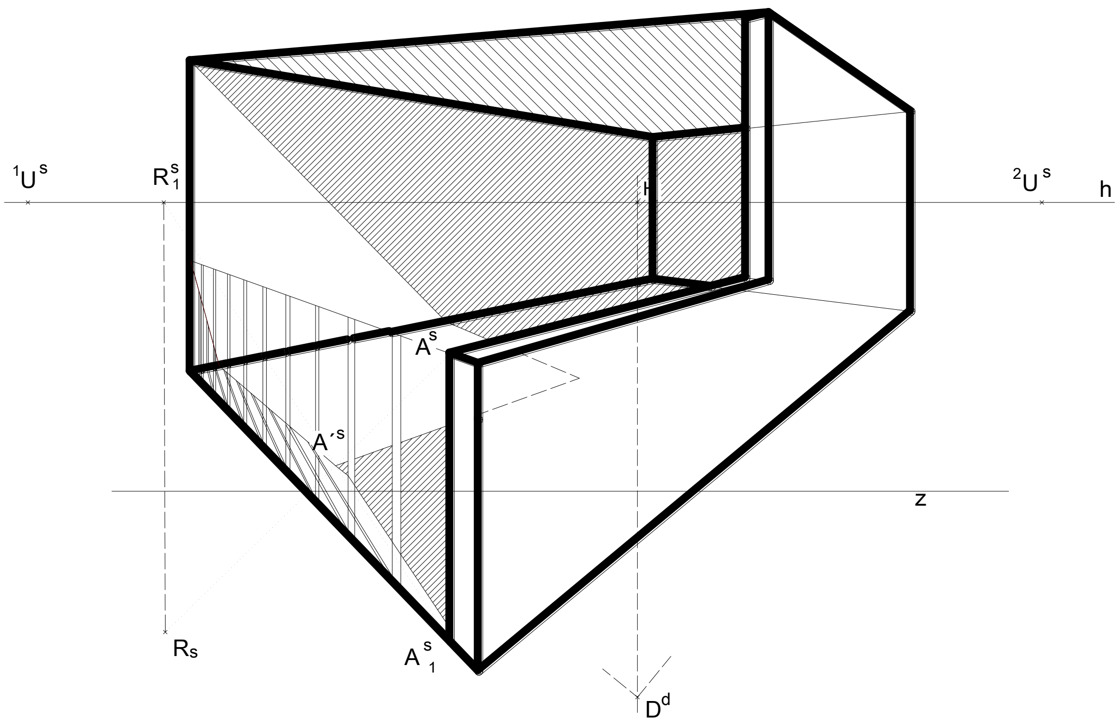
Řešení: Podstavnou kružnici určíme v otočení do ν podle úsečky $A^s D^s$, využijeme kolineace s osou $A^s D^s$ a středem v dělicím bodě $^1D^s$ úsečky $A^s B^s$. Povrchové přímky válce mají společný úběžník $^2U^s$. Jednotlivými povrchovými přímkami proložíme světelné roviny, jejich úběžnice prochází úběžníky $^2U^s$ a R^s. Průsečnice roviny podstavy a světelných rovin procházejí průsečíkem úběžnic $^\rho u^s$ a $^2U^s R^s$, úběžníkem $^3U^s$. Mez vrženého stínu na základní rovinu v tomto případě není vidět, proto se její konstrukcí nebudeme zabývat. Nejprve určíme vlastní stín, mez vlastního stínu je určena tečnými rovinami směru osvětlení. Sestrojíme nejdříve tečny z bodu $^3U^s$ ke kružnici podstavy, tečnými body ${}^{1}T^{s}$ a ${}^{2}T^{s}$ proložíme povrchové přímky válce, ty určují mez vlastního stínu. Dále sestrojíme stín vržený dovnitř válce. Proložíme-li povrchovou přímkou bodu 1^{s} světelnou rovinu, prochází tato rovina i povrchovou přímkou bodu ${}^{1}1^{s}$, na této površce leží vržený stín $\overline{1}^{s}$ bodu 1^{s}do dutiny válce. Body 1^{s}, ${}^{1}1^{s}$ a ${}^{3}U^{s}$ leží v přímce. Bod $\overline{1}^{s}$ sestrojíme jako průsečík površky bodu ${}^{1}1^{s}$ s přímkou směru osvětlení vedenou bodem 1^{s}. Mez vrženého stínu je oblouk elipsy, vychází z bodů ${}^{1}T^{s}$, ${}^{2}T^{s}$ a bodem $\overline{1}^{s}$.

Úloha 4.2.7. Sestrojte rovnoběžné osvětlení dutého kolmého kužele s podstavou v rovině ρ a vrcholem V^s v základní rovině. Podstava kužele je určena středem O^s a bodem A^s. Osvětlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s.



Řešení: Nejprve sestrojíme podstavu, ta se zobrazí jako elipsa. Najdeme vrchol V^s jako průsečík základní roviny s přímkou kolmou na rovinu ρ a vedenou bodem O^s. Sestrojíme kužel. Sestrojíme pravoúhlý průmět bodů podstavy na základní rovinu (je naznačen elipsou a na ní ležícím pravoúhlým průmětem A_1^s bodu A^s na základní rovinu). Již známým způsobem sestrojíme vržený stín podstavy a určíme mez vrženého stínu tohoto jehlanu na základní rovinu. Ke kuželu sestrojíme tečné roviny τ směru osvětlení, tyto roviny se kužele dotýkají ve dvou povrchových přímkách procházejících vrcholem V^s, body podstavy ${}^1T^s$ a ${}^2T^s$ leží na těchto přímkách. Z bodů ${}^1T^s$ a ${}^2T^s$ vychází mez stínu vrženého na vnitřek kužele. Dále sestrojíme další body ležící na mezi vrženého stínu na vnitřek kužele. Podstavou prokládáme roviny směru osvětlení, každá z rovin protne plášť kužele ve dvou površkách. Vedeme-li světelný paprsek bodem podstavy 1 té površky, která je blíže zdroji osvětlení, protne tento paprsek druhou površku vycházející z bodu 2 v bodě $\overline{1}$. Bod $\overline{1}$ je vrženým stínem bodu 1 na vnitřek kužele. Stejným způsobem sestrojíme vržené stíny dalších bodů.

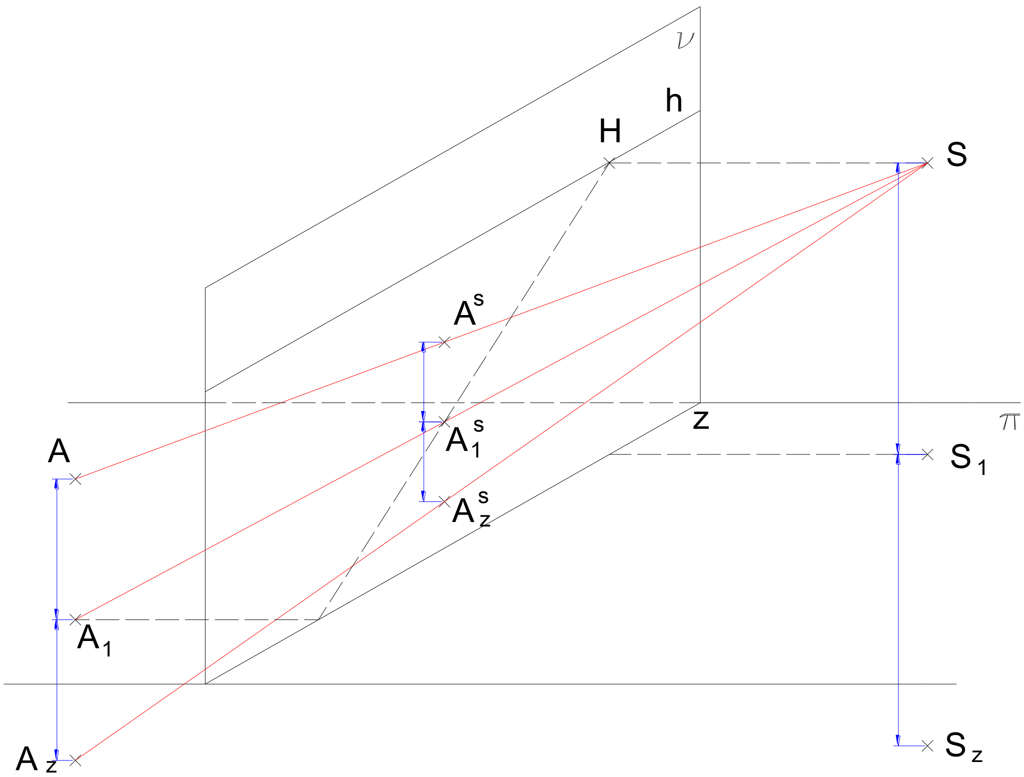
Úloha 4.2.8. Sestrojte rovnoběžné osvětlení lodžie. Osvětlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s.



Řešení: Tato úloha je příkladem použití rovnoběžného promítání v lineární perspektivě v praxi. Využijeme zde všech poznatků z předchozích příkladů. Jak již víme bod A^s vrhá stín A'^s na podlahu. Vržený stín zábradlí leží částečně v rovině podlahy a částečně v rovině boční stěny. Dále je v obrázku naznačen vržený stín boční stěny a stropu na rovinu podlahy a na rovinu druhé boční stěny.

5. Zrcadlení

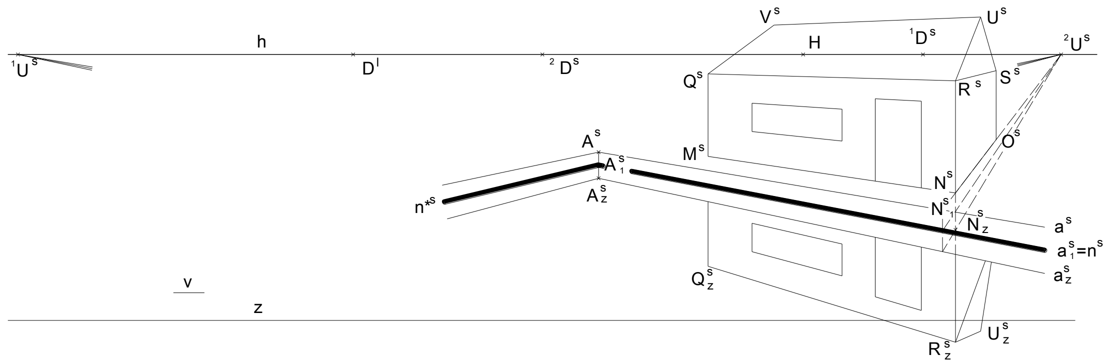
Chceme-li ještě více zvýšit názornost a přehlednost perspektivního zobrazení, můžeme využít zrcadlení. Je to zobrazení objektu v rovinné souměrnosti. Nejčastěji zrcadlíme podle vodorovné roviny (vodní hladina) nebo svislé roviny (zrcadlo). Jelikož víme, že se velikost úhlu dopadu světelných paprsků rovná velikosti úhlu odrazu těchto paprsků, můžeme říci, že s každým bodem A vidíme zároveň i jeho souměrně sdružený obraz A_z. Body A a A_z jsou souměrně sdružené podle roviny zrcadla (vodní hladiny). Pro pravoúhlý průmět A_1 bodu A do roviny zrcadla platí $|AA_1| = |A_1A_z|$, je-li přímka AA_z svislá, pak také platí $|A^sA_1^s| = |A_1^sA_z^s|$. Je-li rovina zrcadla rovnoběžná se základní rovinou, kolmice na rovinu zrcadla jsou svislé, potom na nich můžeme zrcadlené obrazy bodů sestrojit přímým přenesením velikostí úseček. Nemá-li však rovina zrcadla tuto speciální polohu, musíme sestrojit úběžník přímek kolmých k rovině. Leží-li bod A na kolmici k rovině, potom bod A^* je průsečík této kolmice s rovinou zrcadla a bod A_z je souměrně sdružený k bodu A. Platí $|AA^*| = |A^*A_z|$.



Obr. 5.

5.1. Zrcadlení ve vodní hladině

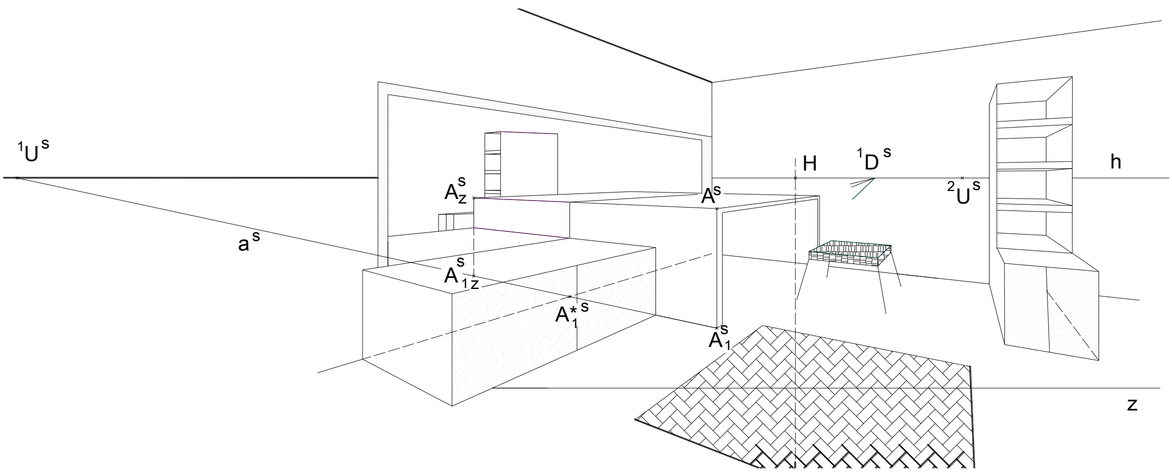
Úloha 5.1.1. Sestrojte perspektivu domku stojícího na nábřeží a jeho zrcadlový obraz ve vodní hladině π. Domek má tvar kvádru, jeho střechu tvoří hranol s jednou stěnou incidentní s horní podstavou kvádru, hřebenem střechy je úsečka U^sV^s. Kvádr je určen body $M^sN^sO^sQ^s$ a stojí v rovině rovnoběžné s rovinou π, tato rovina je od π vzdálená o velikost v.. Vodní hladina je určena přímkami n^s, n^{*s} rovnoběžnými s hranami tělesa, které procházejí bodem A_1^s roviny π.



Řešení: Sestrojíme domek (kvádr $M^sN^sO^sP^sQ^sR^sS^sT^s$, hranol $Q^sR^sS^sT^sU^sV^s$), jeho vodorovné stěny mají úběžníky $^1U^s$, $^2U^s$. Těmito úběžníky prochází též přímky n^s, n^{*s}. Sestrojím bod A^s ve vzdálenosti v od jeho pravoúhlého půdorysu A_1^s. Nábřeží je ohraničeno přímkou a^s, která je rovnoběžná s přímkou n^s a prochází bodem A^s. K bodu A^s sestrojíme bod souměrně sdružený podle přímky n^s (podle bodu A_1^s), označíme ho A_z^s a nazveme zrcadlovým obrazem bodu A^s. Nyní můžeme využít úběžníku $^1U^s$ a sestrojit zrcadlový obraz a_z^s přímky a^s. Následujícím způsobem sestrojíme zrcadlový obraz N_z^s bodu N^s. Nejdříve sestrojíme pravoúhlý průmět N_1^s bodu N^s do roviny π, bod N_z^s je souměrně sdružený podle bodu N_1^s s bodem N^s. Platí, že $|N^sN_1^s| = |N_1^sN_z^s|$. Při sestrojování bodů $M_z^s, O_z^s, P_z^s, Q_z^s, R_z^s, S_z^s, T_z^s, U_z^s, V_z^s$ využijeme úběžníků $^1U^s$, $^2U^s$ a také toho, že svislé úsečky mají stejnou velikost jako jejich obrazy ve vodní hladině (např. $|N^sR^s| = |N_z^sR_z^s|$). Některé obrazy bodů nejsou ve vodní hladině viditelné.

5.2. Zrcadlení ve svislém zrcadle

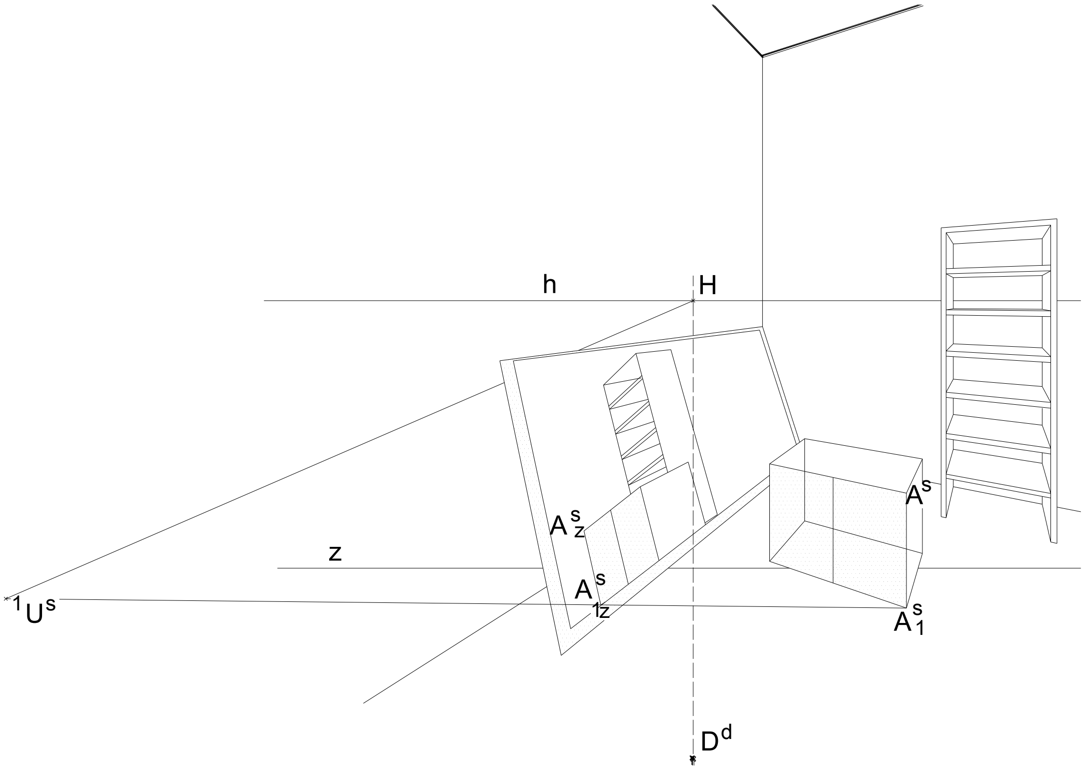
Úloha 5.2.1. Sestrojte zrcadlový obraz interiéru ve svislém zrcadle.



Řešení: Na rozdíl od *úlohy 5.1.1.* není v tomto případě rovina zrcadla kolmá na průmětnu, při hledání zrcadlových obrazů musíme sestrojit úběžník kolmic na rovinu zrcadla ${}^1U^s$. Při hledání zrcadlového obrazu bodu A^s sestrojíme jeho pravoúhlý průmět na základní rovinu A_1^s a tímto bodem a úběžníkem ${}^1U^s$ vedeme přímku a^s. Bod A_1^{*s} je průsečíkem přímky a^s s rovinou zrcadla. Pomocí dějícího bodu ${}^1D^s$ přímky a^s sestrojíme zrcadlový obraz bodu A_1^s bod A_{1z}^s, víme, že platí $|A_1^s A_1^{*s}| = |A_1^{*s} A_{1z}^s|$. Bodem A_{1z}^s vedeme kolmici k základní rovině, její průsečík s přímkou ${}^1U^s A^s$ je hledaný zrcadlový obraz A_z^s bodu A^s. Při sestrojování dalších bodů můžeme využít rovnoběžnosti přímek.

5.3. Zrcadlení v šikmém zrcadle

Úloha 5.3.1. Sestrojte zrcadlový obraz interiéru v šikmém zrcadle. Zrcadlo je opřené o jednu ze stěn, nábytek je náhodně rozmístěný po pokoji.



Řešení: Při řešení postupujeme obdobně jako v předchozím příkladu. Najdeme úběžník normál roviny zrcadla ${}^1U^s$, z něho vedeme bodem A_1^s kolmici na rovinu zrcadla, určíme její průsečík s rovinou zrcadla a pomocí dělicí kružnice sestrojíme bod souměrně sdružený A_{1z}^s s bodem A_1^s podle tohoto průsečíku. Při hledání zrcadlových obrazů bodů neležících v základní rovině najdeme nejdříve zrcadlové obrazy jejich pravoúhlých průmětů na základní rovinu. Úběžník přímek, které nejsou rovnoběžné se základní rovinou, neleží na horizontu. Při sestrojování dalších bodů je důležité si uvědomit, že úběžníky rovnoběžných přímek se, na rozdíl od předchozího příkladu, neshodují s úběžníky rovnoběžek ležících v základní rovině (a rovinách s ní rovnoběžných).

Závěr

Cílem této práce bylo seznámit čtenáře s jednotlivými postupy osvětlování těles ve středovém promítání a lineární perspektivě. Toto téma je v literatuře probráno pouze okrajově. Protože osvětlení používáme ke zlepšení názornosti zobrazení těles, setkáme se spíše s rovnoběžným osvětlením v lineární perspektivě nežli ve středovém promítání. Tato práce ukazuje základní principy a postupy v obou těchto zobrazeních.

Součástí této práce je příloha obsahující soubor narýsovaných zadání jednotlivých úloh. Proto by tato práce mohla sloužit jako rozšiřující materiál ke studiu daného tématu. Ve většině úloh bylo zvoleno speciálních poloh těles a to za účelem zjednodušení konstrukce rovnoběžného osvětlení.

Literatura

[1] MACHALA, F.: *Středové promítání a lineární perspektiva*., 1. vyd., Olomouc, UPOL, 1983

[2] DRABEK, K.; et al.: *Deskriptivní geometrie II*., dotisk, Praha, SNTL, 1964

[3] PISKA, R.; MEDEK, V.: *Deskriptivní geometrie I*., Praha, SNTL/ALFA,

1966

[4] URBAN, A.: *Deskriptivní geometrie I*., 1. vyd., Praha, SNTL/SVTL, 1965

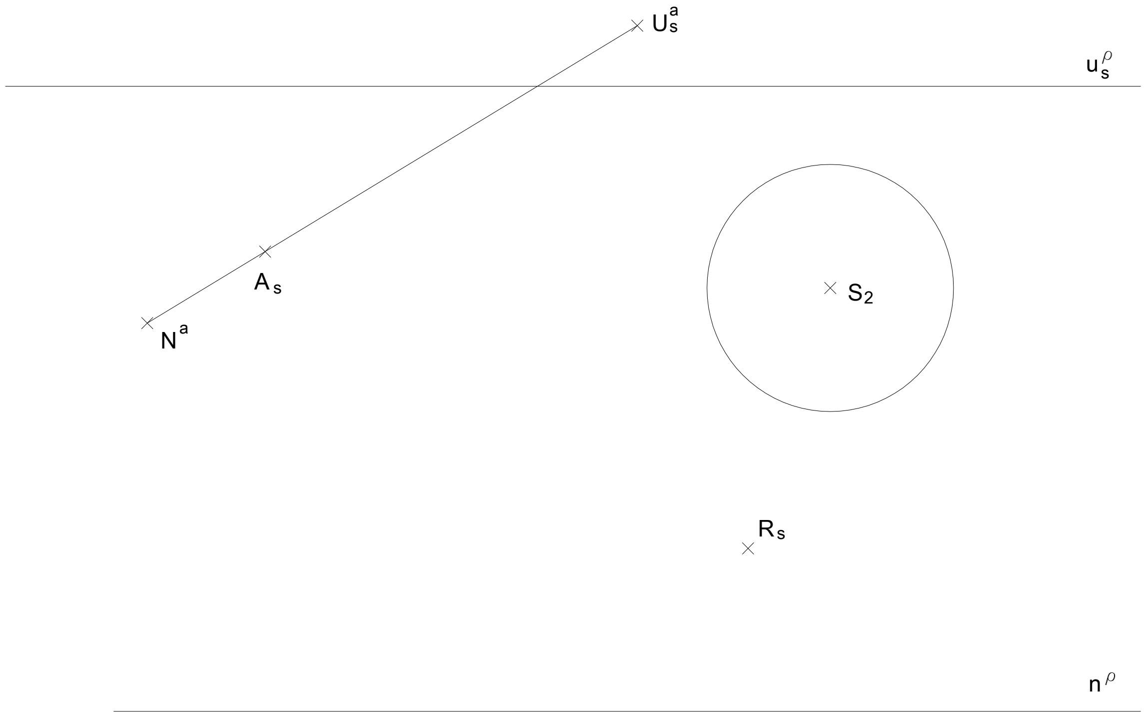
[5] KOUNOVSKÝ, J.; VYČICHLO, F.: *Deskriptivní geometrie pro samouky*., 3. vyd., Praha, Nakladatelství Československé akademie věd, 1953

[6] http://kag.upol.cz/

[7] http://mat.fsv.cvut.cz/bakalari/kog/osv/

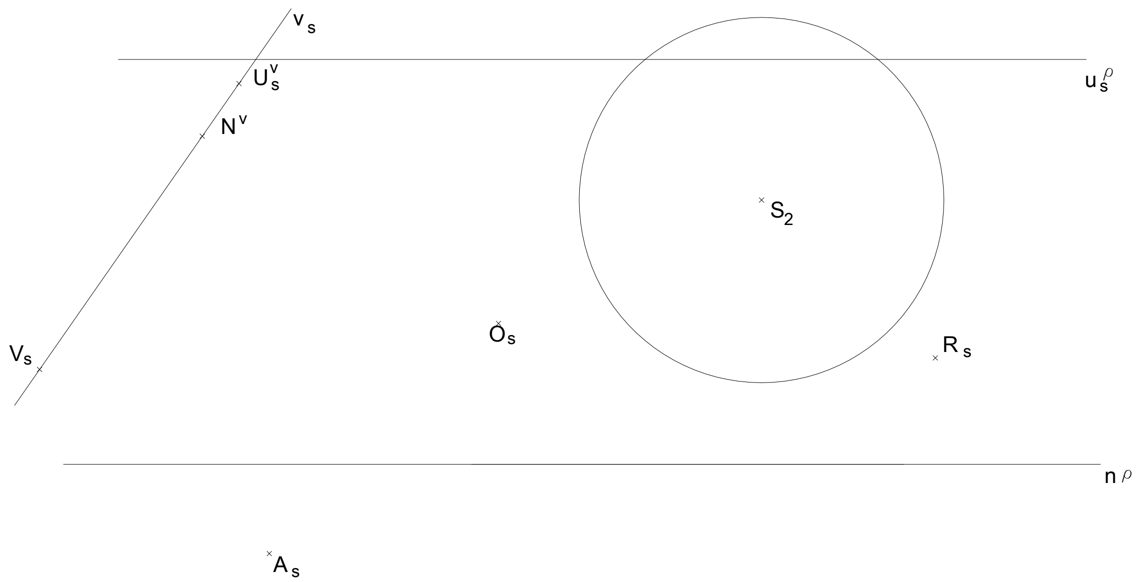
Přílohy

Úloha 3.2.1. Sestrojte vržený stín bodu A do roviny ρ. Rovnoběžné osvětlení je určeno světelnými paprsky s úběžníkem R_s. Bod A je zadaný středovým průmětem A_s a nositelkou a_s. Rovina ρ je určena úběžnicí u_s^ρ a stopou n^ρ.

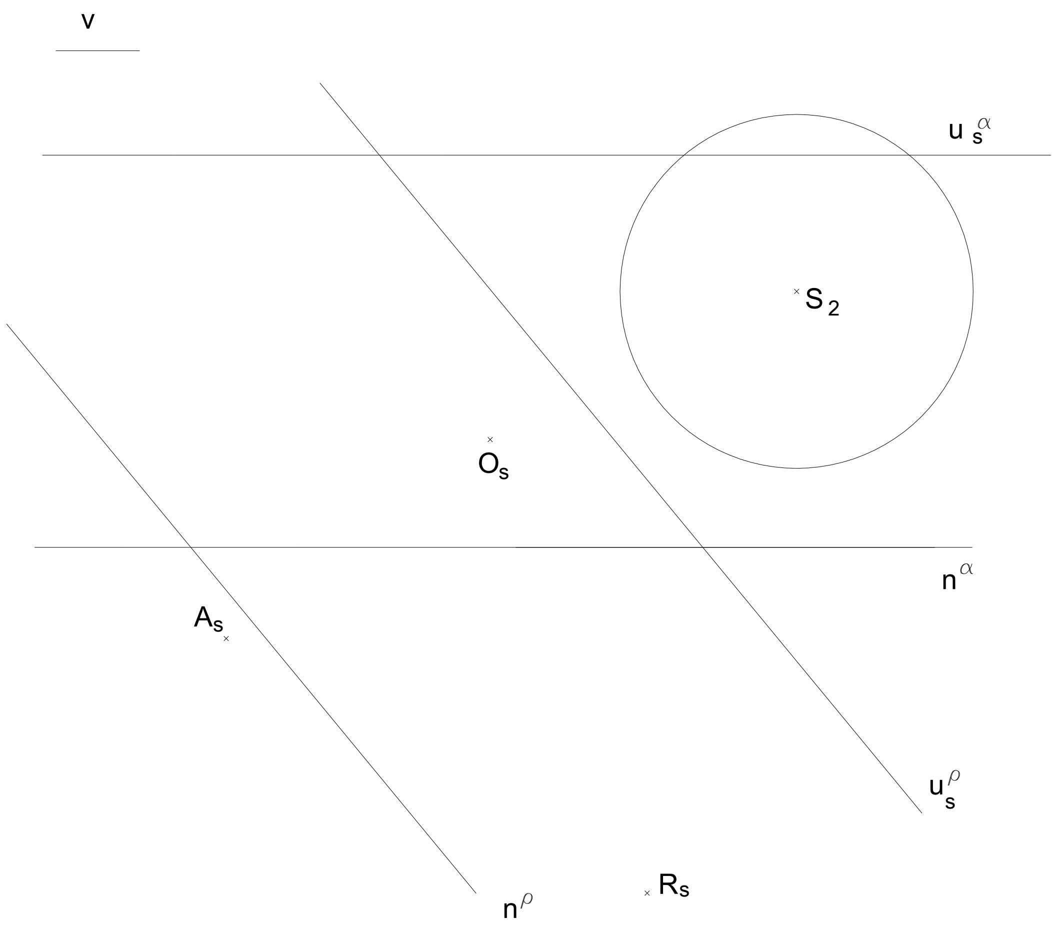


Úloha 3.2.2. Sestrojte rovnoběžné osvětlení krychle s podstavou v rovině ρ. Osvětlení je dáno světelnými paprsky s úběžníkem R_s, osvětlujeme do roviny podstavy. Krychle je určená bodem podstavy A_s a středem podstavy O_s.

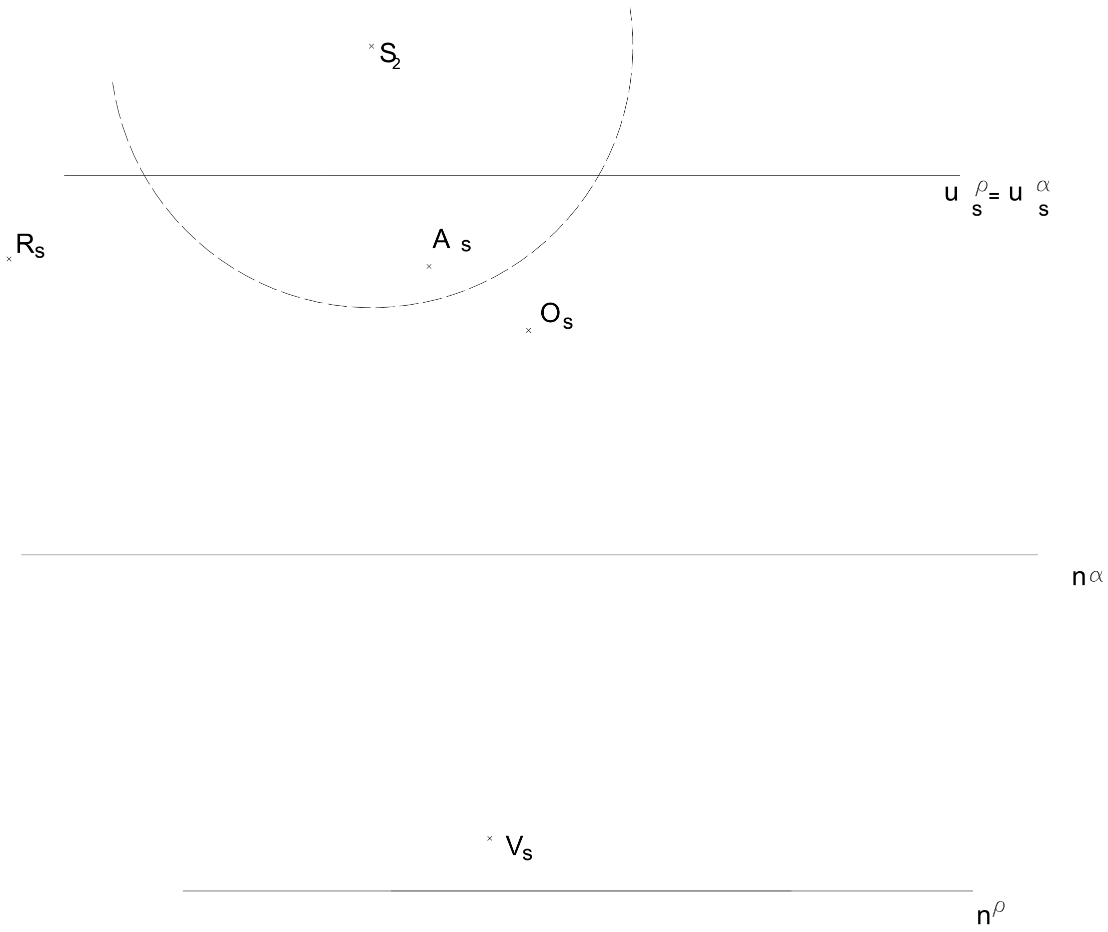
Úloha 3.2.3. Sestrojte rovnoběžné osvětlení kosého jehlanu do roviny podstavy. Rovnoběžné osvětlení je dáno úběžníkem R_s světelných paprsků. Jehlan s pětiúhelníkovou podstavou v rovině ρ je zadán bodem podstavy A_s, jejím středem O_s a vrcholem V_s s nositelkou v_s.



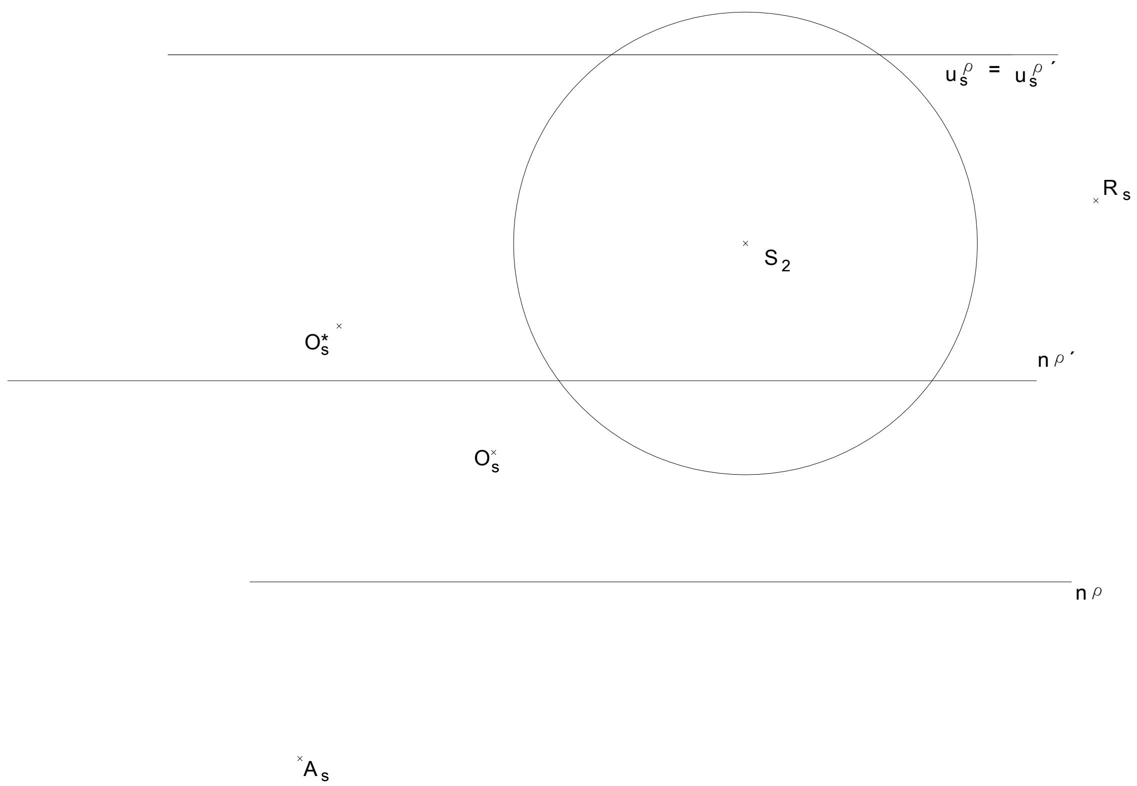
Úloha 3.2.4. Sestrojte rovnoběžné osvětlení kolmého hranolu se čtvercovou podstavou v rovině α. Osvětlení je dáno světelnými paprsky s úběžníkem R_s, osvětlujeme do roviny ρ. Hranol je určený středem podstavy O_s, jejím bodem A_s a výškou v, rovina α je zadaná svou stopou a úběžnicí.



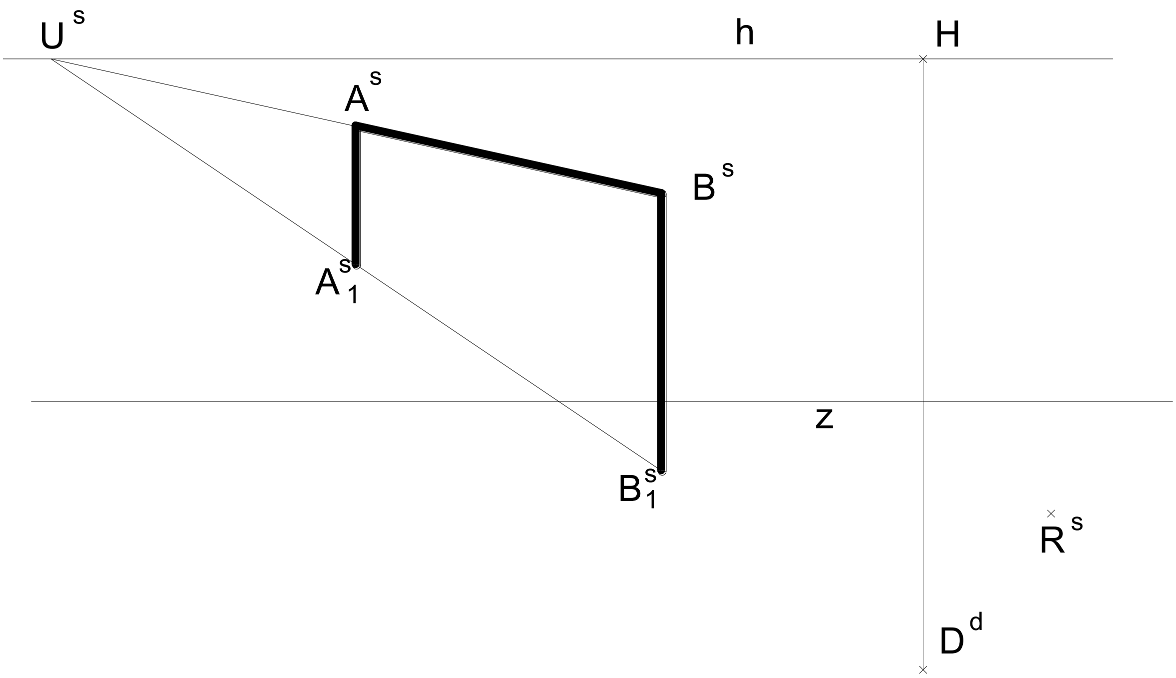
Úloha 3.2.5. Sestrojte rovnoběžné osvětlení dutého šestibokého jehlanu do roviny ρ. Jehlan má vrchol V_s v rovině ρ, podstavu v rovině α určenou středem O_s a bodem A_s ($\alpha \| \rho$). Osvětlení je dáno světelnými paprsky s úběžníkem R_s.



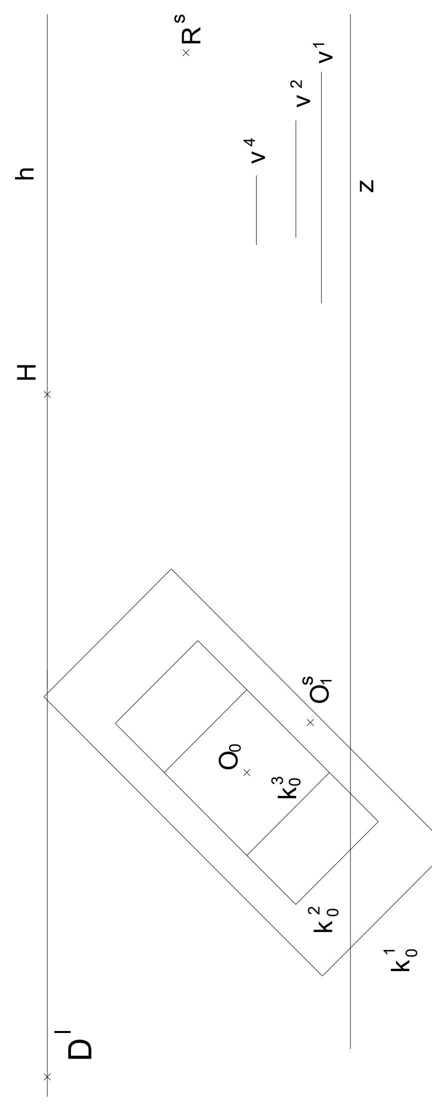
Úloha 3.2.6. Sestrojte rovnoběžné osvětlení válce do roviny podstavy. Osvětlení je dáno světelnými paprsky s úběžníkem R_s. Dále jsou dány středy O_s, O_s^* obou podstav a bod dolní podstavy A_s. Rovina ρ je rovinou dolní a rovina ρ' je rovinou horní podstavy.



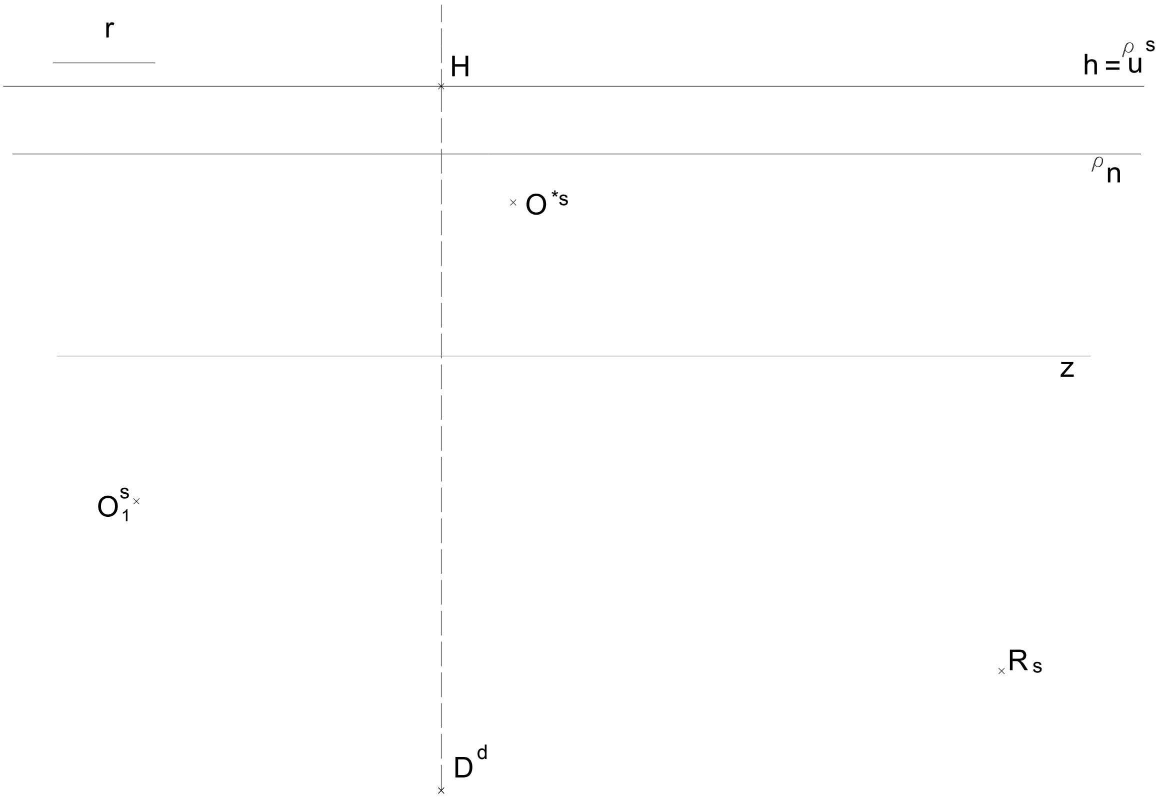
Úloha 4.2.1. Sestrojte vržený stín již sestrojené fotbalové branky $B_1^s A_1^s A^s B^s$ na trávník (základní rovinu). Rovnoběžné osvětlení je dáno úběžníkem světelných paprsků R^s, perspektiva je zadaná základnicí z, horizontem h, hlavním bodem H a dolním distančníkem D^d.



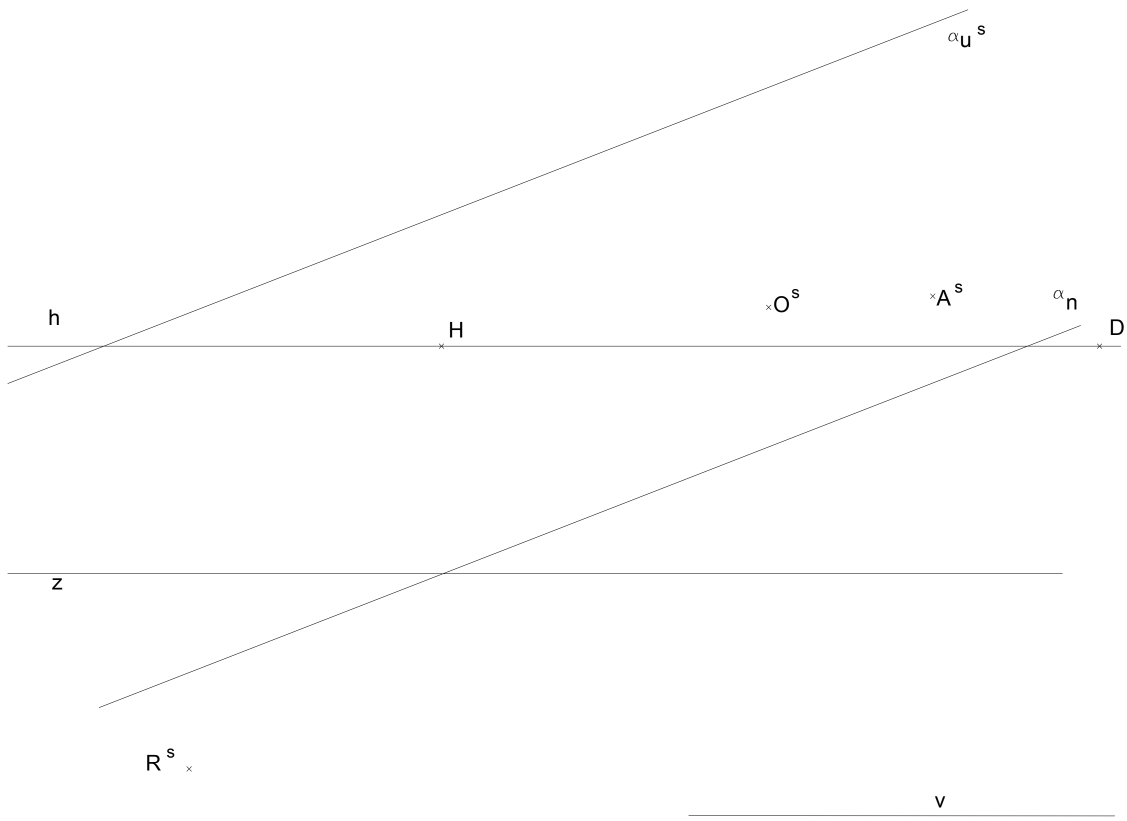
Úloha 4.2.2. Sestrojte rovnoběžné osvětlení věže z kostek stojící na základní rovině do této roviny, znáte-li pravoúhlý průmět středů podstav jednotlivých kostek bod O_1^s, pravoúhlé průměty podstav v otočení a jednotlivé výšky kostek. Osvětlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s. Na základní rovině stojí kostka podstavy k_0^1 a výšky v^1, na ní stojí kostka podstavy k_0^2 a výšky v^2, na ní stojí krychle podstavy k_0^3 a na této krychli stojí čtyřboký jehlan výšky v^4, jehož podstava je totožná s horní podstavou krychle.



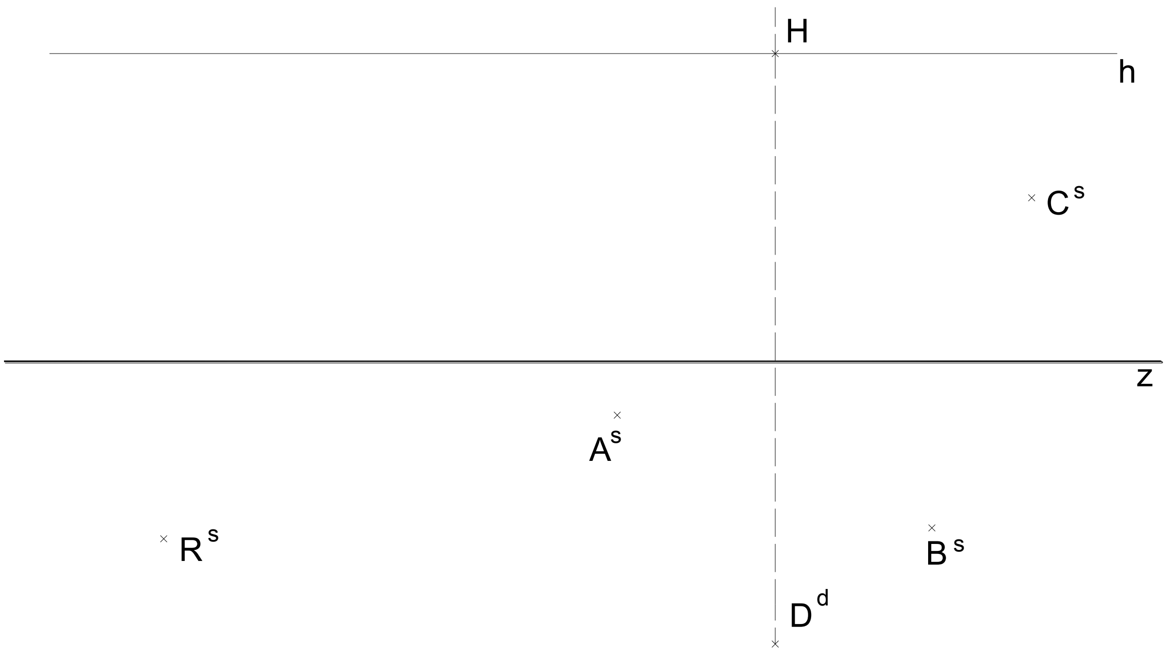
Úloha 4.2.3. Sestrojte rovnoběžné osvětlení kosého šestibokého hranolu s podstavou v základní rovině, středem podstavy v bodě O_1^s a poloměrem r. Střed druhé podstavy O^{*s} leží v rovině ρ, ta je rovnoběžná se základní rovinou a zadaná stopou. Osvětlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s.



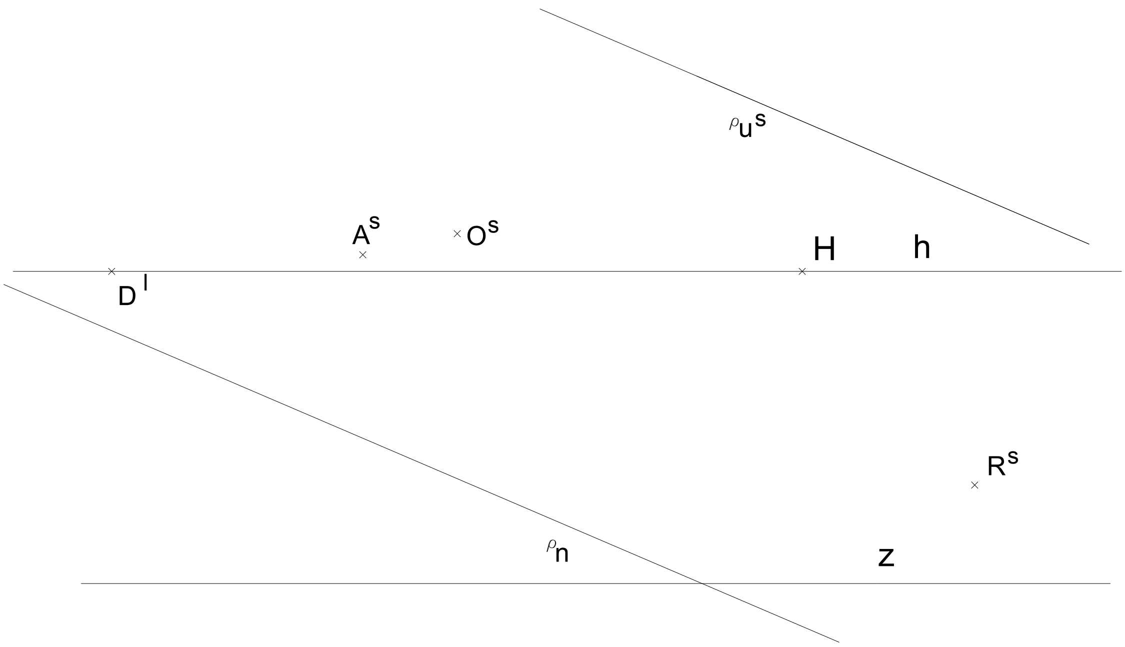
Úloha 4.2.4. Sestrojte rovnoběžné osvětlení kolmého šestibokého jehlanu s podstavou v rovině α. Jehlan je určen jedním vrcholem podstavy A^s, středem podstavy O^sa výškou v. Osvětlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s, osvětlujeme na základní rovinu. Perspektiva je zadaná základnicí z, horizontem h, hlavním bodem H a pravým distančníkem D^p.



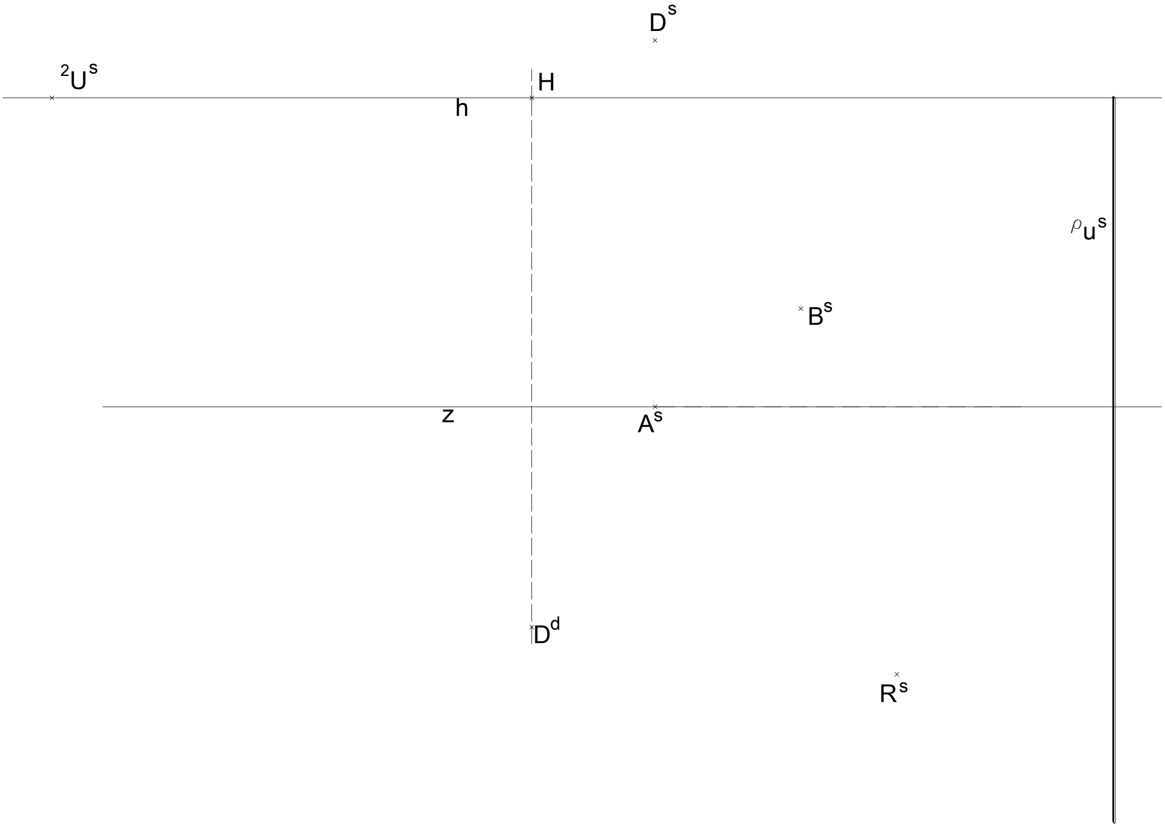
Úloha 4.2.5. Sestrojte rovnoběžné osvětlení pravidelného dutého trojbokého hranolu na základní rovinu. Hranol stojí na jedné stěně, obě jeho podstavy leží v rovinách kolmých k základní rovině. Hranol je určen body A^s ,B^s ,C^s ležícími v základní rovině. Osvětlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s.



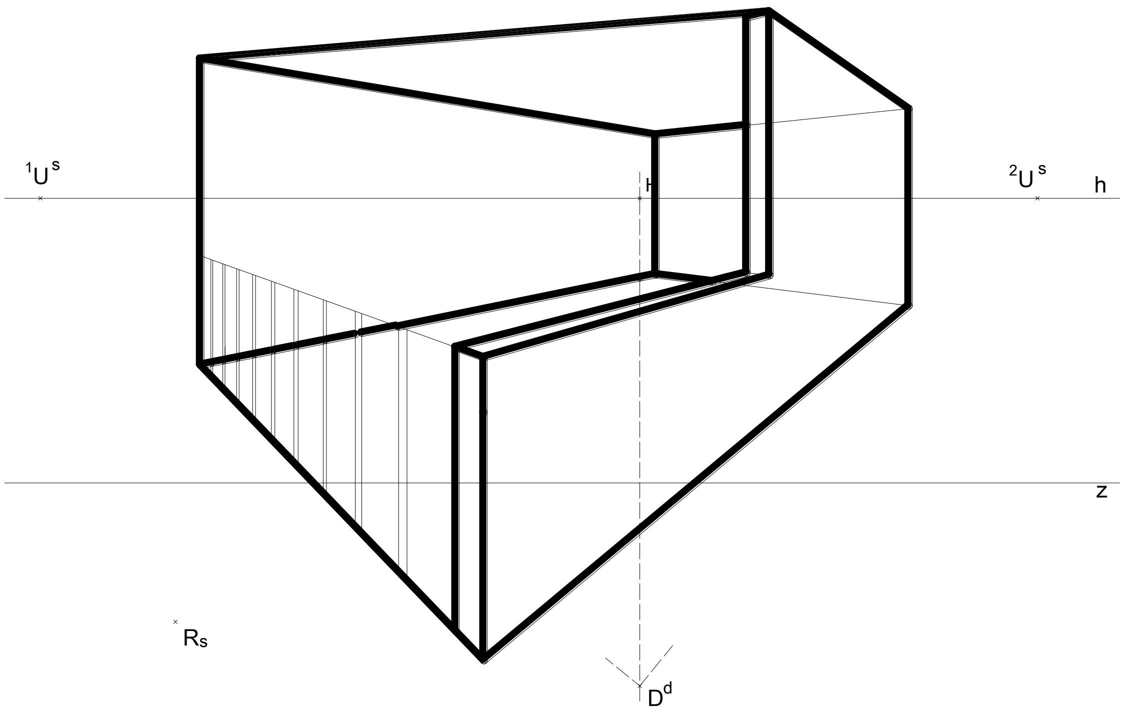
Úloha 4.2.6. Sestrojte rovnoběžné osvětlení dutého kolmého kužele s podstavou v rovině ρ a vrcholem V^s v základní rovině. Podstava kužele je určena středem O^s a bodem A^s. Osvětlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s.



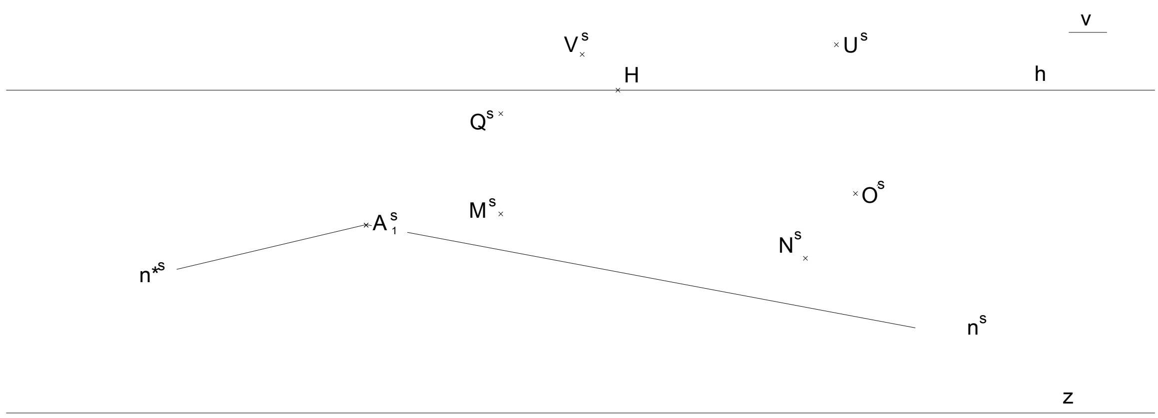
Úloha 4.2.7. Sestrojte mez vlastního stínu a vržený stín dovnitř dutého válce ležícího na základní rovině. Podstavná kružnice válce leží ve svislé rovině ρ a je určena dvěma stranami čtverce kružnici opsaného, úsečkami $A^s D^s, A^s B^s$. Povrchové přímky válce procházejí úběžníkem $^2U^s$, vzdálenost obou podstav určíme libovolně. Rovnoběžné světlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s.



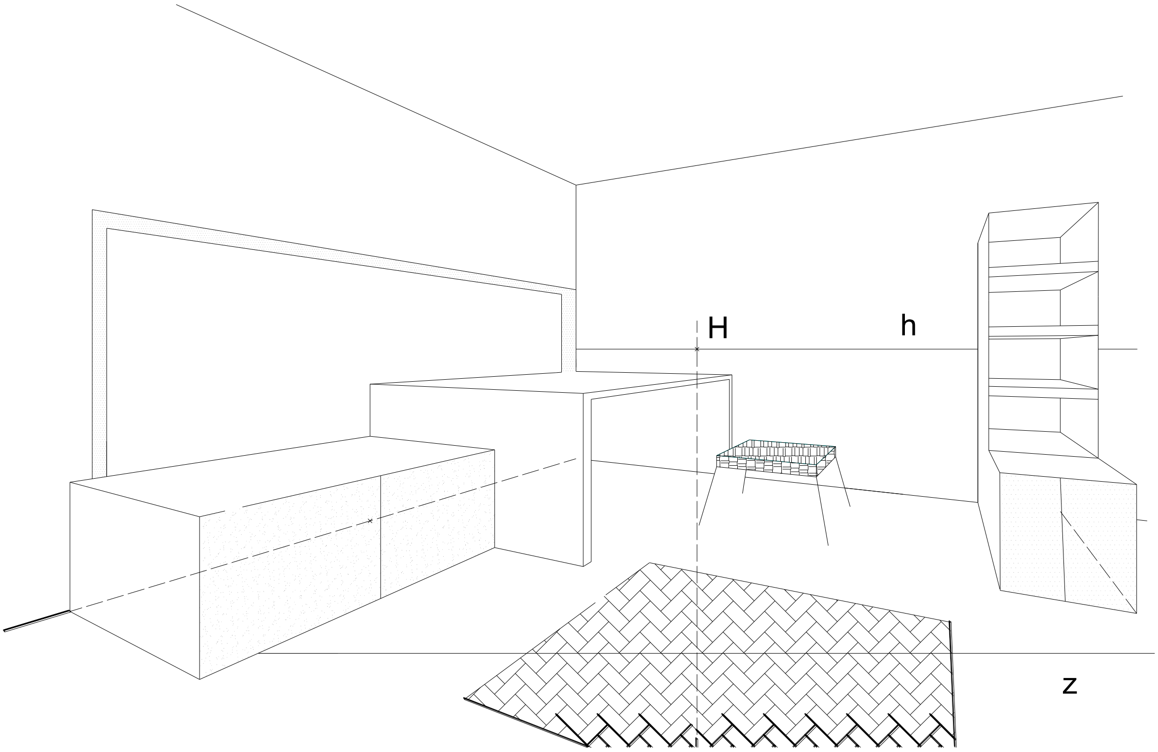
Úloha 4.2.8. Sestrojte rovnoběžné osvětlení lodžie. Osvětlení je určeno úběžníkem světelných paprsků R^s.



Úloha 5.1.1. Sestrojte perspektivu domku stojícího na nábřeží a jeho zrcadlový obraz ve vodní hladině π. Domek má tvar kvádru, jeho střechu tvoří hranol s jednou stěnou incidentní s horní podstavou kvádru, hřebenem střechy je úsečka $U^s V^s$. Kvádr je určen body $M^s N^s O^s Q^s$ a stojí v rovině rovnoběžné s rovinou π, tato rovina je od π vzdálená o velikost v.. Vodní hladina je určena přímkami n^s, n^{*s} rovnoběžnými s hranami tělesa, které procházejí bodem A_1^s roviny π.



Úloha 5.2.1. Sestrojte zrcadlový obraz interiéru ve svislém zrcadle.



Úloha 5.3.1. Sestrojte zrcadlový obraz interiéru v šikmém zrcadle. Zrcadlo je opřené o jednu ze stěn, nábytek je náhodně rozmístěný po pokoji.