EVROPSKÝ SOCIÁLNÍ FOND
PRAHA & EU: INVESTUJEME DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI

Fotogrammetrie

řešené příklady

zpracoval: Tomáš Novák

spolupráce: Mgr. Jiří Šrubař

ČVUT v Praze

Fakulta architektury

Fotogrammetrie

Při konstrukci perspektivy objektu volíme vhodné měřítko, polohu oka a průmětny vzhledem k objektu. Konstrukce pak vychází z otočeného půdorysu objektu ve zvoleném měřítku a ze znalostí výšek objektu přepočtených v měřítku. Aby byl objekt správně zobrazen (tj. aby výsledek odpovídal lidskému vidění), musí být obraz objektu uvnitř zorné kružnice.

Perspektivu získáme rychleji vyfotografováním vybraného objektu. Rozlišujeme snímky vodorovné a šikmé. Pokud bude při fotografování osa objektivu vodorovná, získáme vodorovný snímek. Pokud bude osa objektivu šikmá, získáme šikmý snímek. Vodorovný a šikmý snímek snadno rozlišíme. Obrazy vertikál ve vodorovném snímku jsou rovnoběžné, jedná se o dvojúběžníkovou perspektivu. Obrazy vertikál v šikmém snímku jsou různoběžné, mají společný úběžník, jedná se o tříúběžníkovou perspektivu. Fotogrammetrie je nauka o tom, jak z daného snímku získat půdorysy a výšky vyfotografovaných objektů. Nejdříve se snažíme najít horizont h, hlavní bod H a distanci d daného snímku – tzv. PRVKY VNITŘNÍ ORIENTACE. Vše vychází ze znalostí perspektivy, distance d je pak ohnisková vzdálenost vynásobená zvětšením. Konstrukce pro vodorovný snímek jsou jiné než konstrukce pro šikmý snímek. Vysvětlení konstrukcí pro šikmý snímek je nad rámec těchto skript. Budeme se výlučně zabývat vodorovnými snímky.

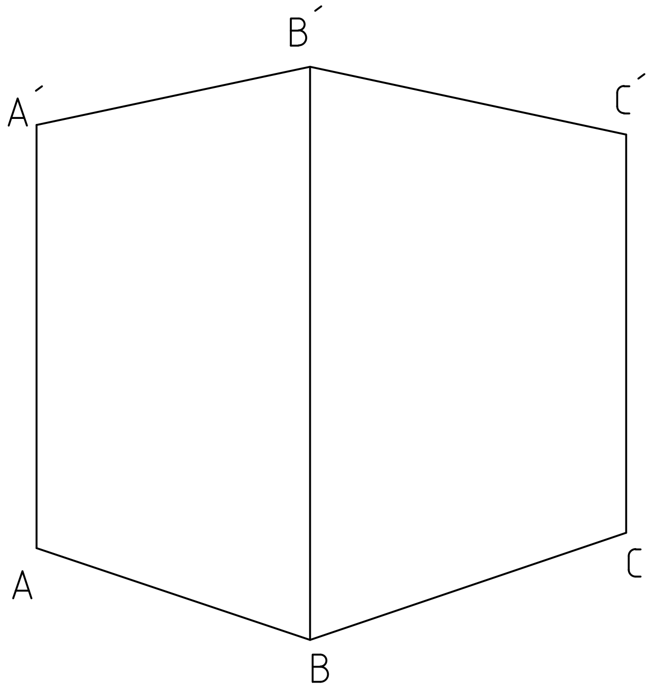
Když máme h, H a d, potřebujeme pro získání otočených půdorysů (opačná konstrukce známá z perspektivy) určit základnici. Tu je možné si libovolně zvolit, volba pak ovlivní měřítko otočeného půdorysu. Pokud známe nějaký skutečný rozměr objektu, je možné sestrojit základnici tak, aby otočený půdorys byl v námi zvoleném měřítku.

Všechny tyto konstrukce se provádějí za účelem zakreslení nového objektu do snímku. Aby byl nový objekt správně perspektivně zobrazen (tj. aby odpovídal lidskému vidění), měl by být jeho obraz uvnitř zorné kružnice.

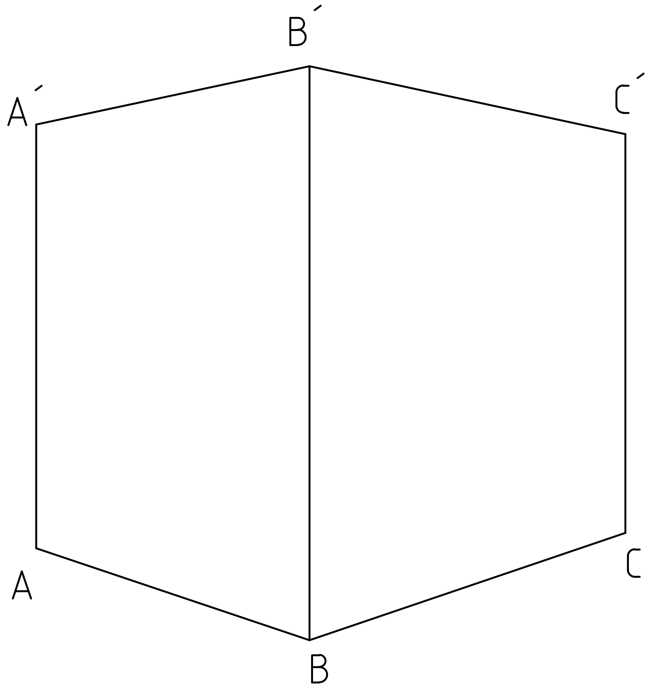
Velmi často používáme širokoúhlé snímky, zorná kružnice zabírá jen malou část snímku. Obrazy objektů mimo zornou kružnici neodpovídají lidskému vidění a často nám připadají nepřirozené.

V následujících příkladech se snažíme vysvětlit fotogrammetrické konstrukce a v několika příkladech je úkolem i zakreslení nového objektu pro procvičení konstrukcí. Aby byly příklady přehledné, nejsou vždy nové objekty uvnitř zorné kružnice.

Pro praktické úkoly se však vždy snažíme, aby volné místo pro nový objekt bylo uvnitř zorné kružnice. Pak obraz nového objektu působí přirozeně, protože odpovídá lidskému vidění.



B´
A´
C´
A
C
B

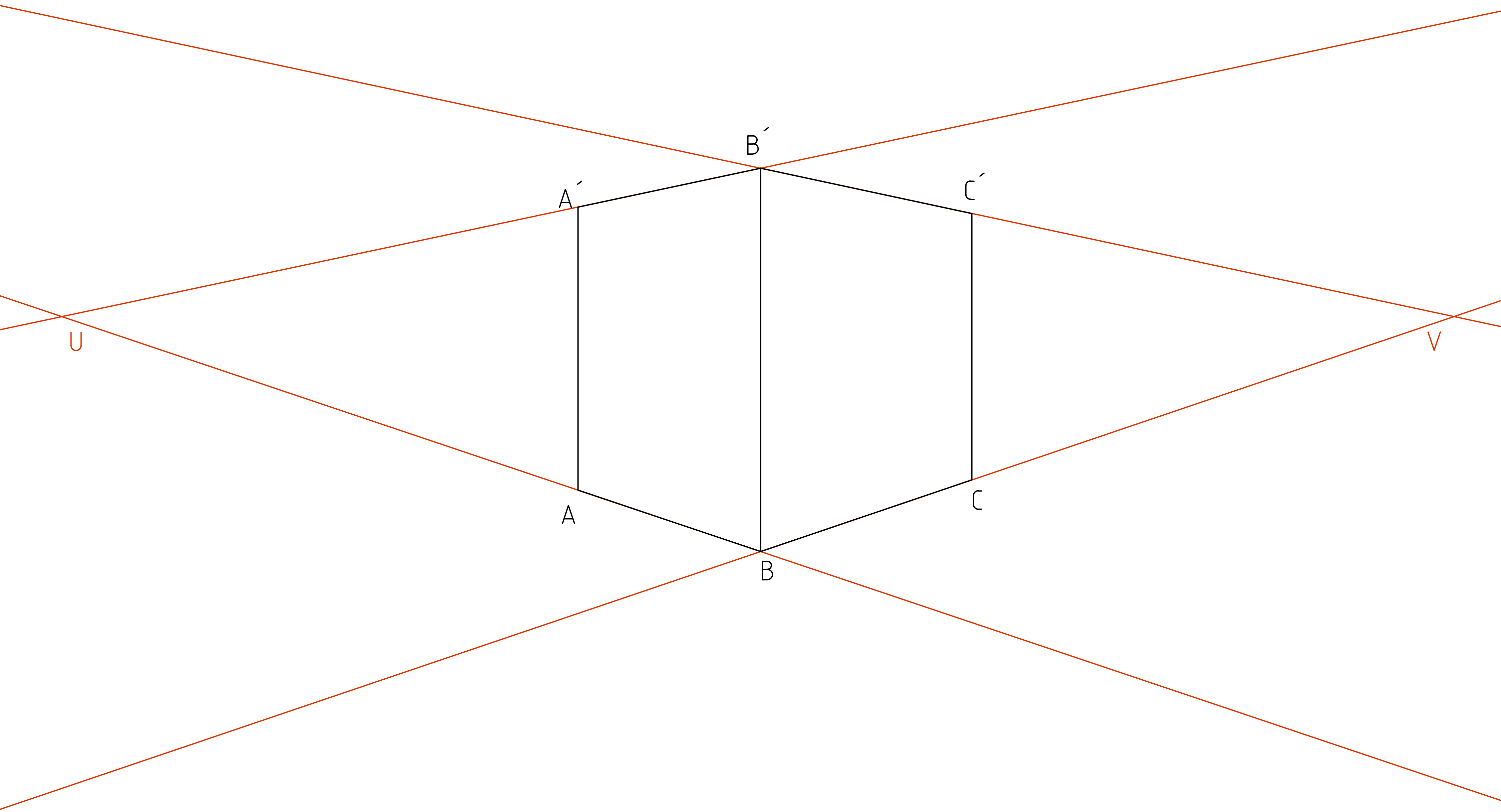


A4 na šířku

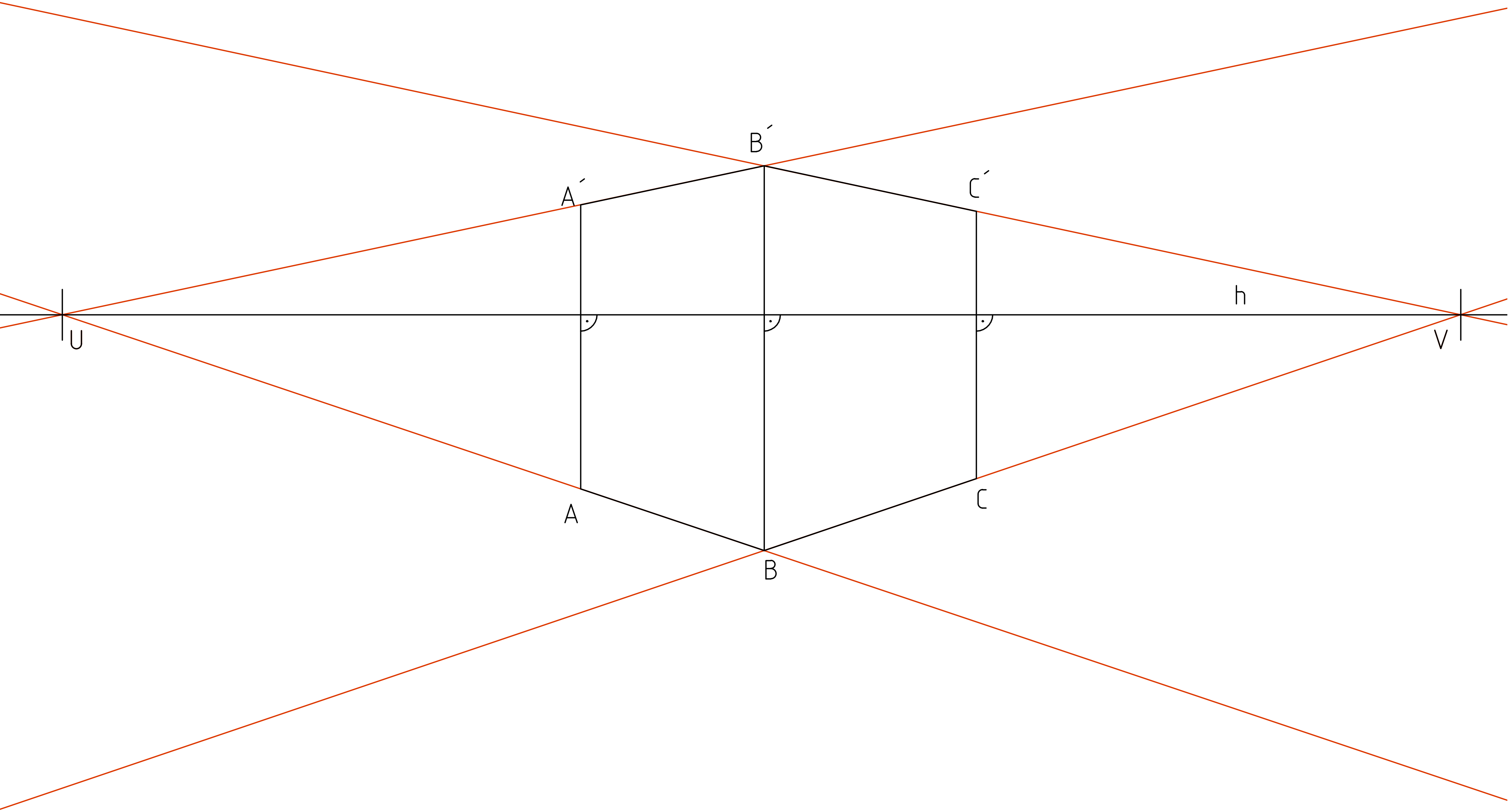
Fotogrammetrie

Zadání je předtištěno na předchozí straně.

Je dán vodorovný snímek krychle, jejíž dolní podstava leží v základní rovině. Určete prvky vnitřní orientace a sestrojte otočený půdorys krychle.

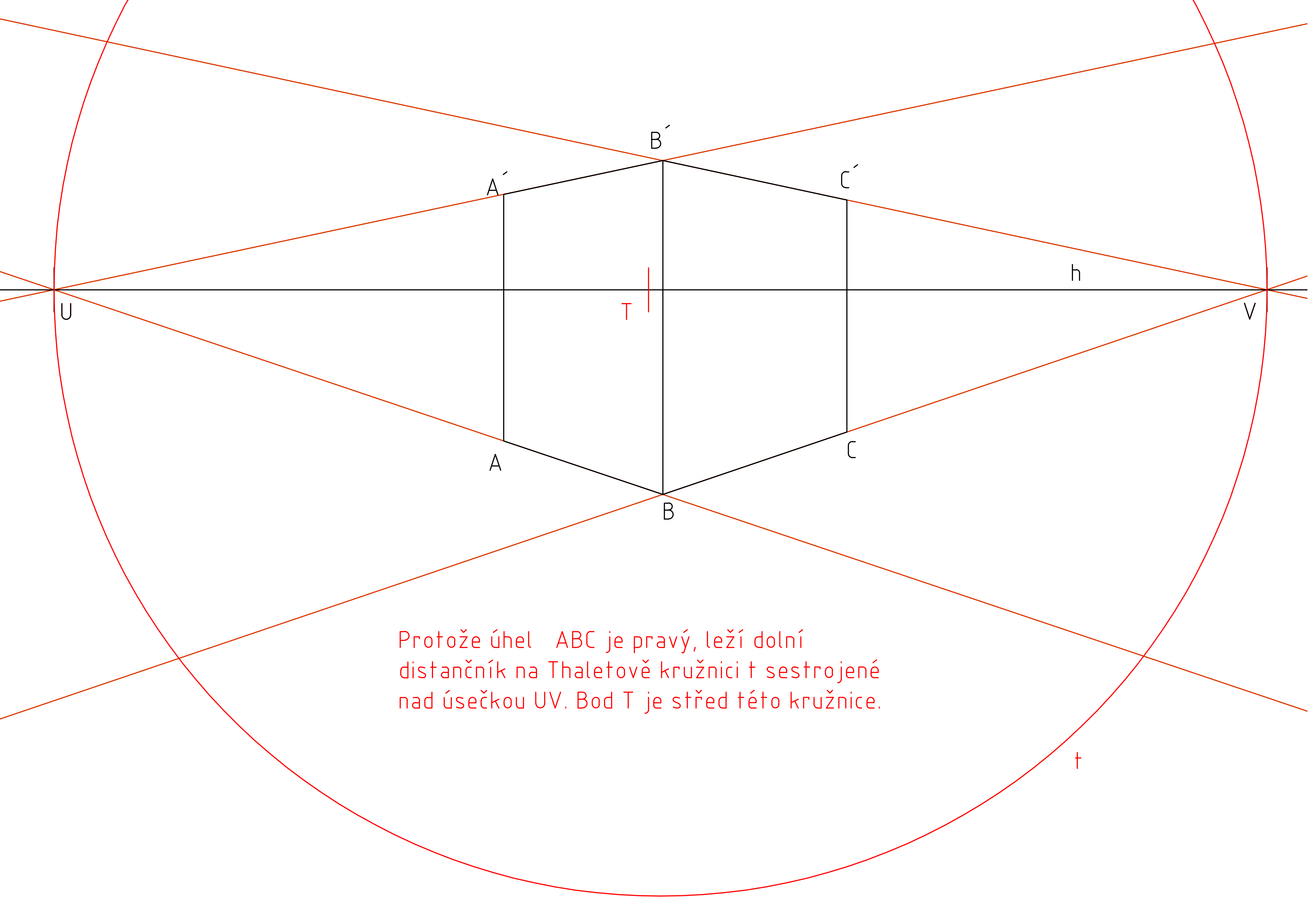


Přímky AB a A´B´ jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek AB a A´B´ je jejich úběžníkem. Označíme jej U.
Přímky BC a B´C´ jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek BC a B´C´ je jejich úběžníkem. Označíme jej V.

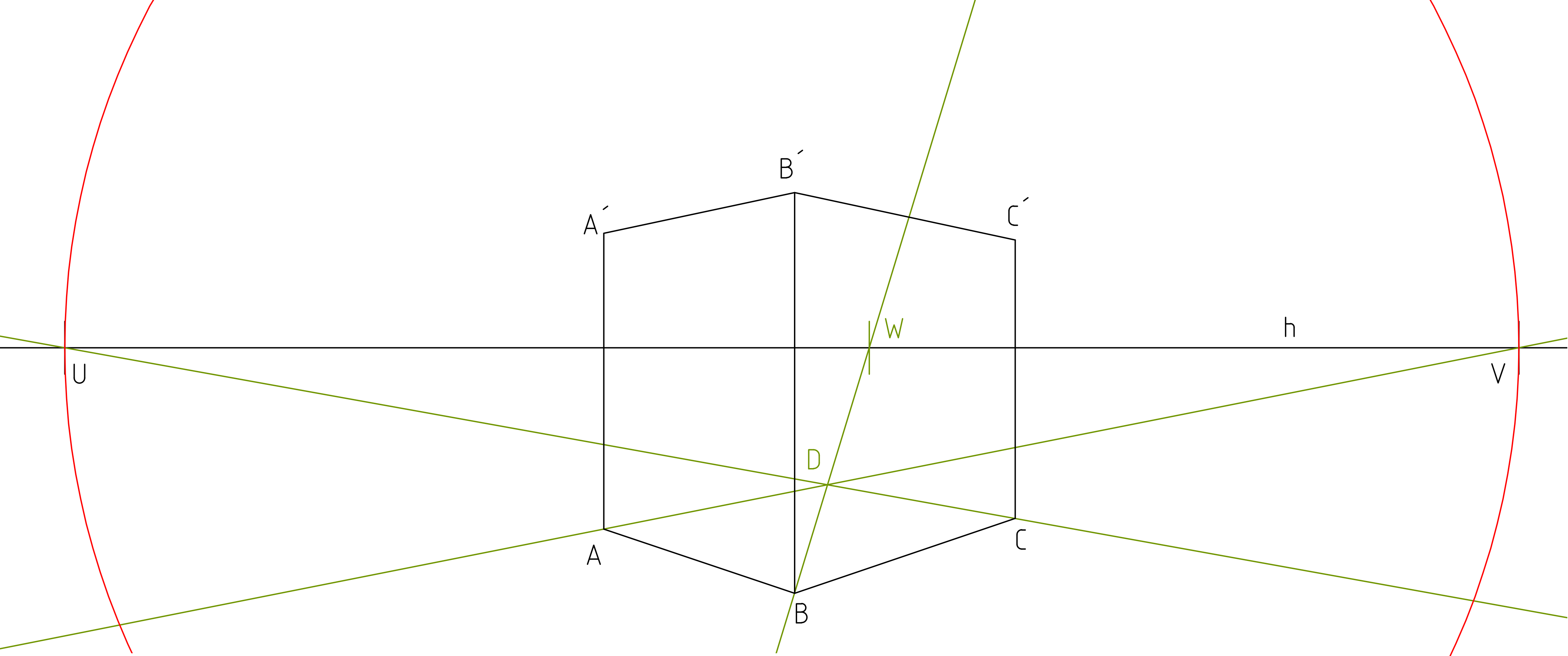


Přímky AB a BC leží v základní rovině, proto jejich úběžníky leží na horizontu. Horizont vznikne spojením úběžníků U a V.

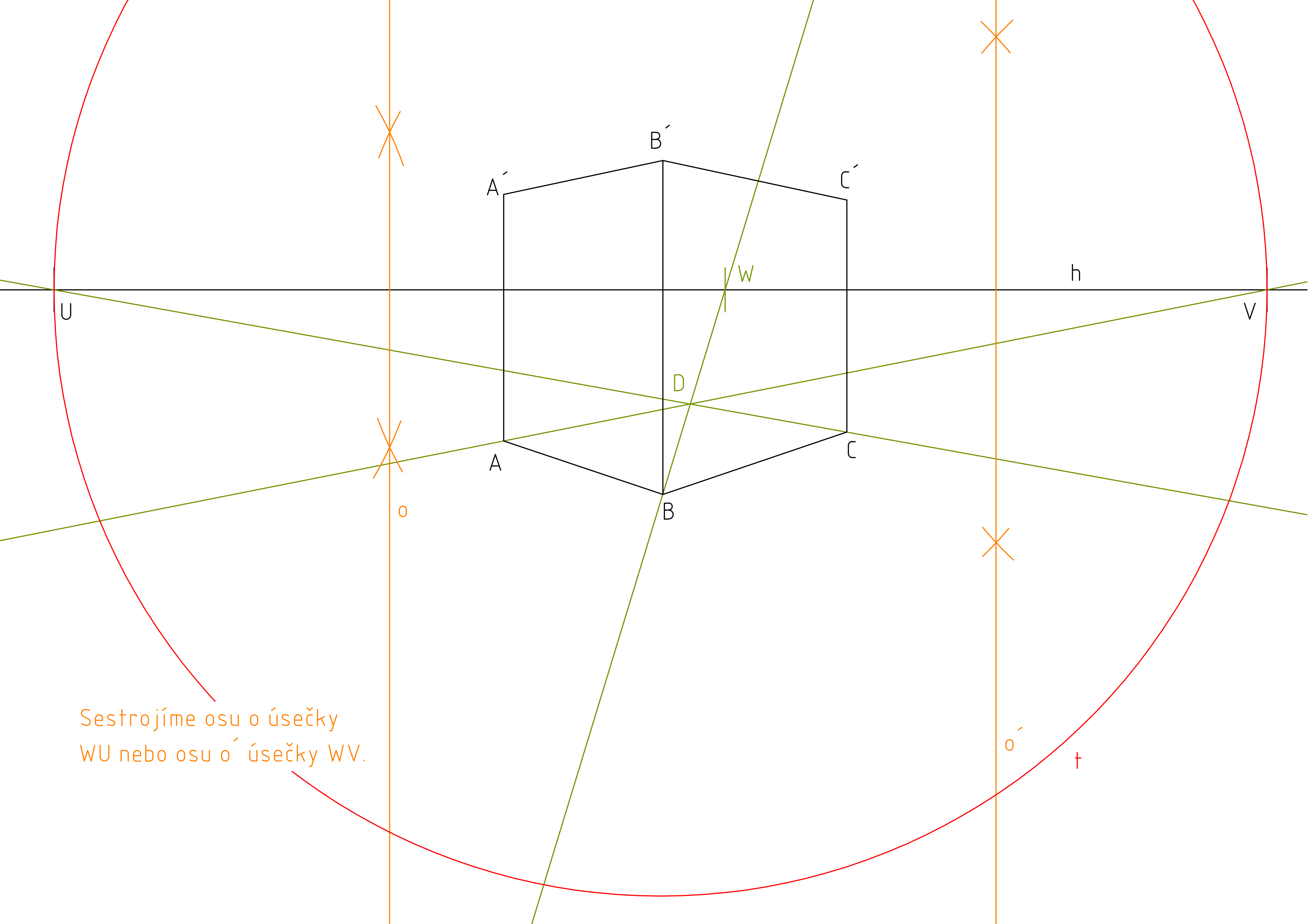
Přímky AA´, BB´ a CC´ jsou kolmé k základní rovině, proto jsou jejich průměty kolmé k horizontu.



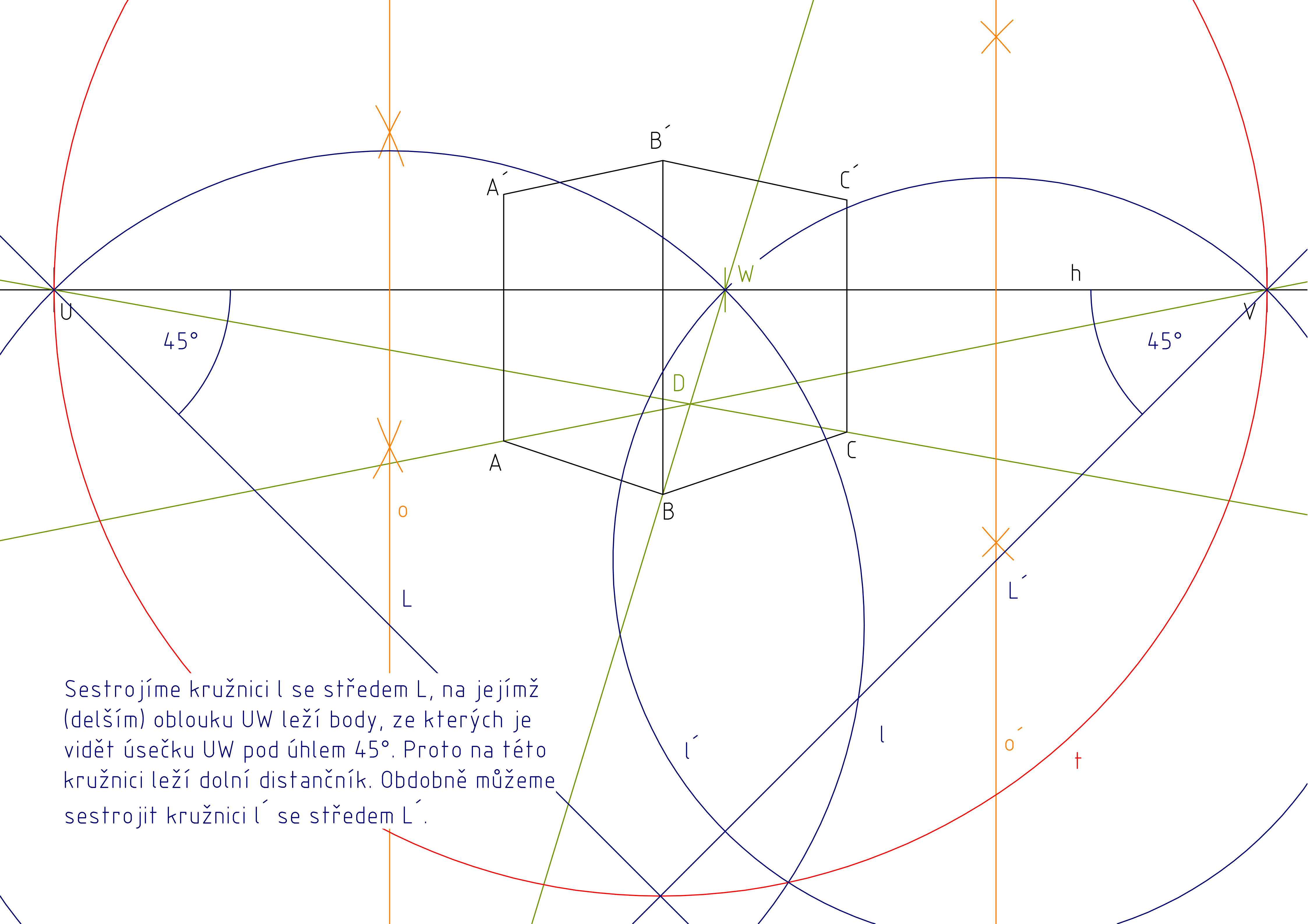
Protože úhel ABC je pravý, leží dolní distančník na Thaletově kružnici t sestrojené nad úsečkou UV. Bod T je střed této kružnice.



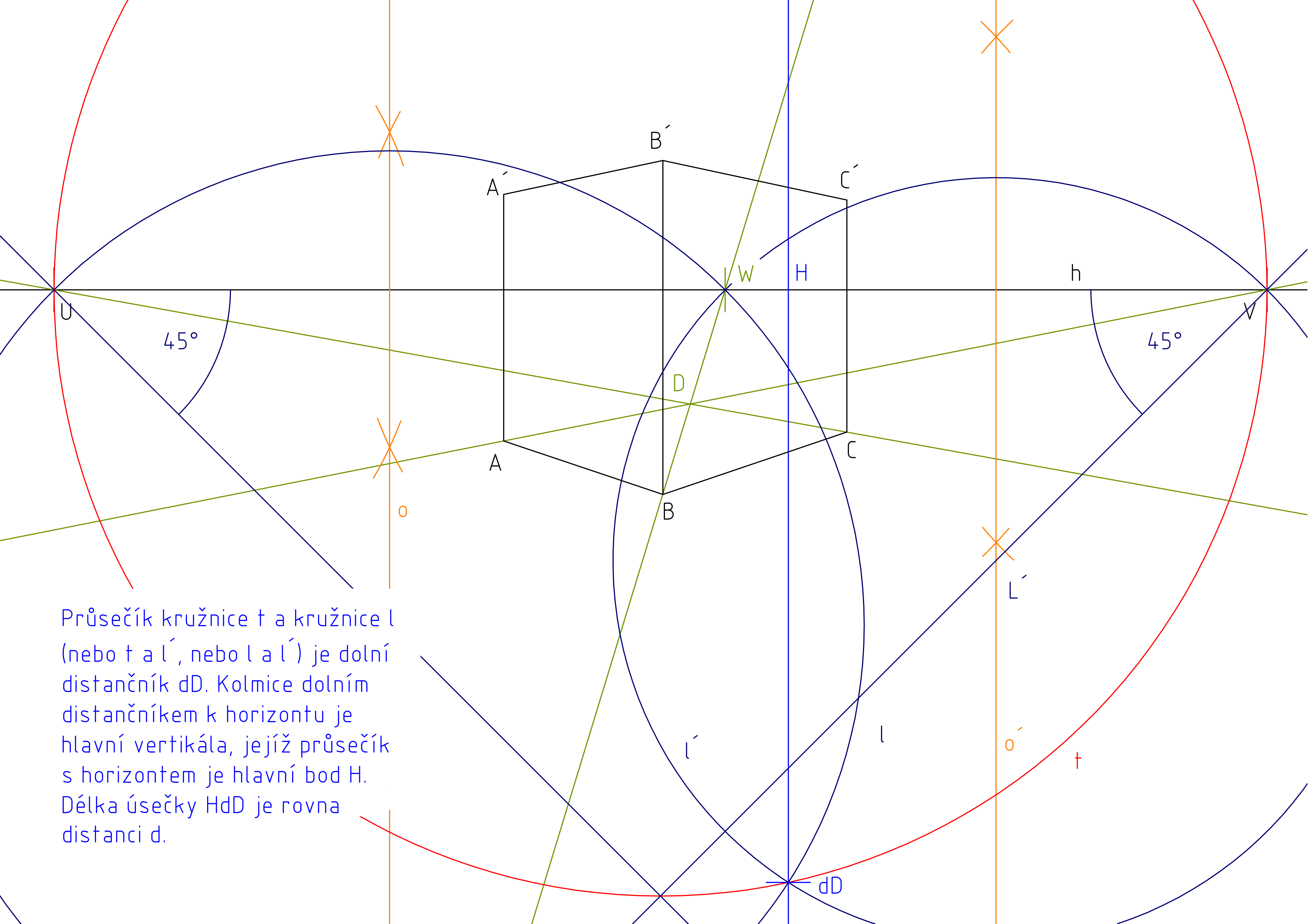
Pro určení dolního distančníku potřebujeme znát další úhel. Může to být úhel v základní rovině (nebo jiné rovině rovnoběžné se základní) – použijeme úhlopříčku podstavy. Úběžník úhlopříčky AC leží mimo papír. Proto sestrojíme neviditelné hrany dolní podstavy pomocí úběžníků U a V. Čtvrtý bod podstavy označíme D. Úběžník úhlopříčky BD leží na horizontu. Označíme jej W.
Známe velikost úhlů ∢ABD a úhlu ∢DBC, je to ve skutečnosti 45°. Pro dolní distančník dD musí platit:
|∢UdDW|=|∢WdDV|=45°.



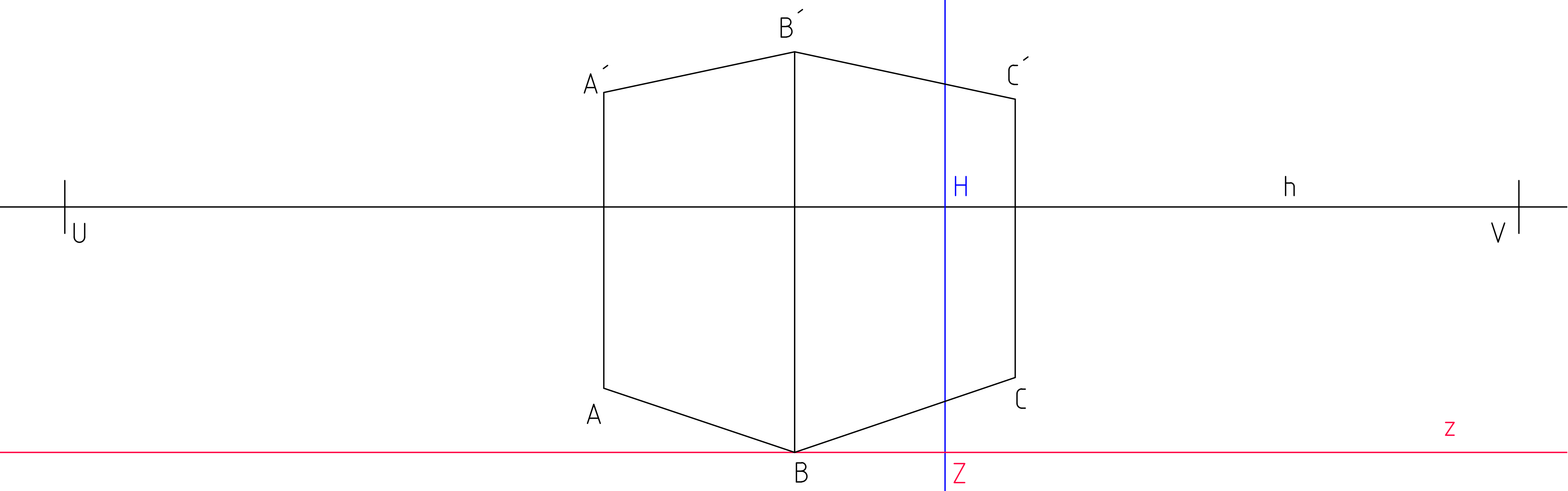
Sestrojíme osu o úsečky
WU nebo osu o´ úsečky WV.



Sestrojíme kružnici l se středem L, na jejímž (delším) oblouku UW leží body, ze kterých je vidět úsečku UW pod úhlem 45°. Proto na této kružnici leží dolní distančník. Obdobně můžeme sestrojit kružnici l´ se středem L´.

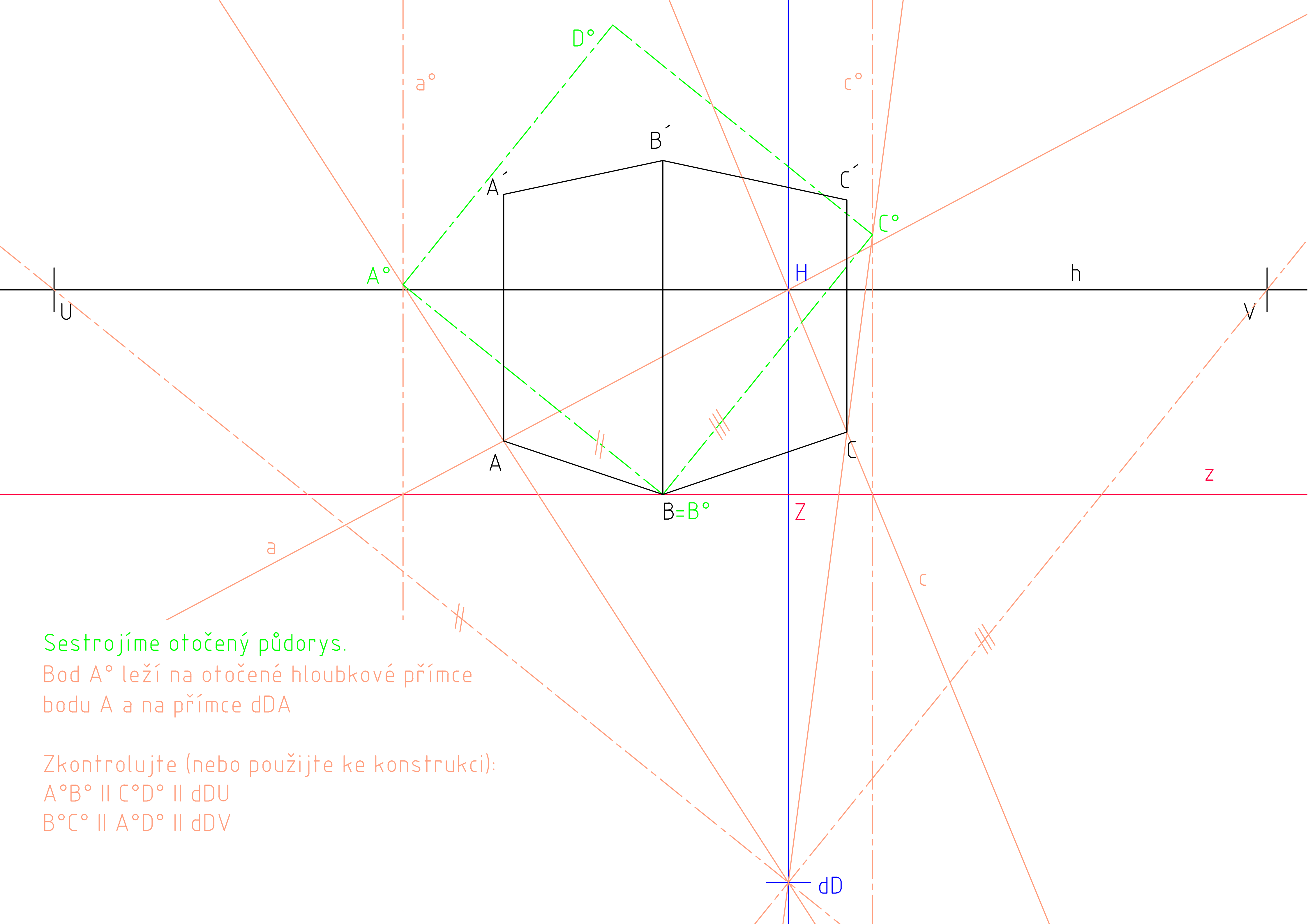


Průsečík kružnice t a kružnice l (nebo t a l´, nebo l a l´) je dolní distančník dD. Kolmice dolním distančníkem k horizontu je hlavní vertikála, jejíž průsečík s horizontem je hlavní bod H. Délka úsečky HdD je rovna distanci d.



Polohu základnice z můžeme zvolit.
V našem případě ji zvolme tak, že prochází bodem B.

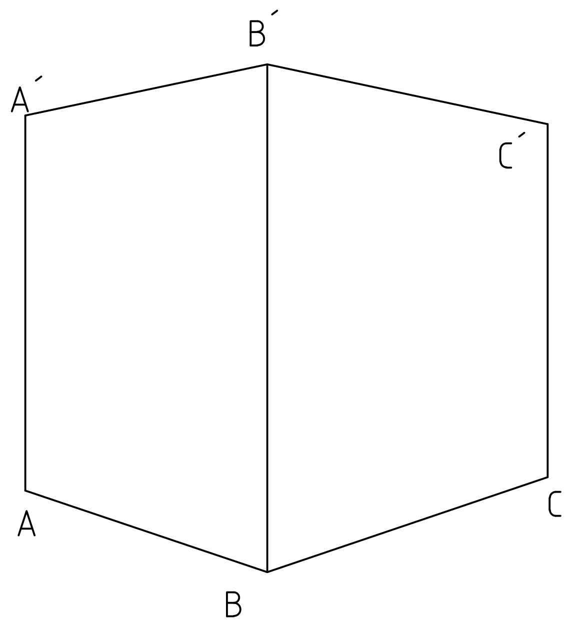
(Volba základnice má vliv na velikost otočeného půdorysu – vyzkoušejte. Poměry se ale zachovávají, v našem případě bude otočený půdorys vždy čtverec, ať si zvolíme základnici kdekoliv.)



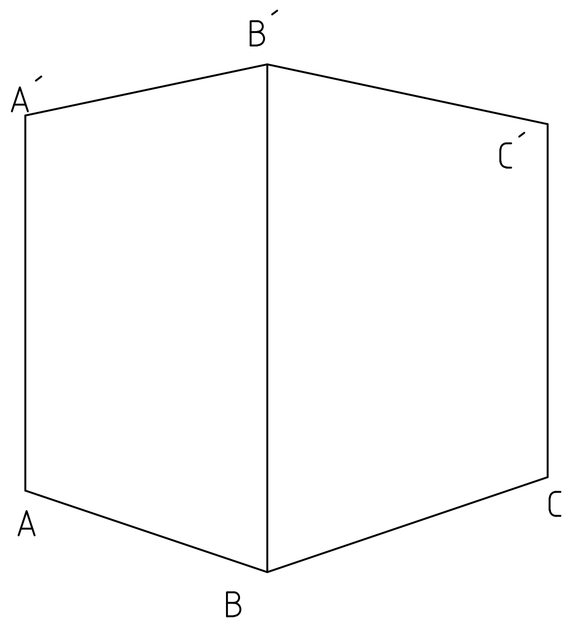
Sestrojíme otočený půdorys.

Bod A° leží na otočené hloubkové přímce
bodu A a na přímce dDA

Zkontrolujte (nebo použijte ke konstrukci):
A°B° ∥ C°D° ∥ dDU
B°C° ∥ A°D° ∥ dDV



A´
B´
C´
A
B
C

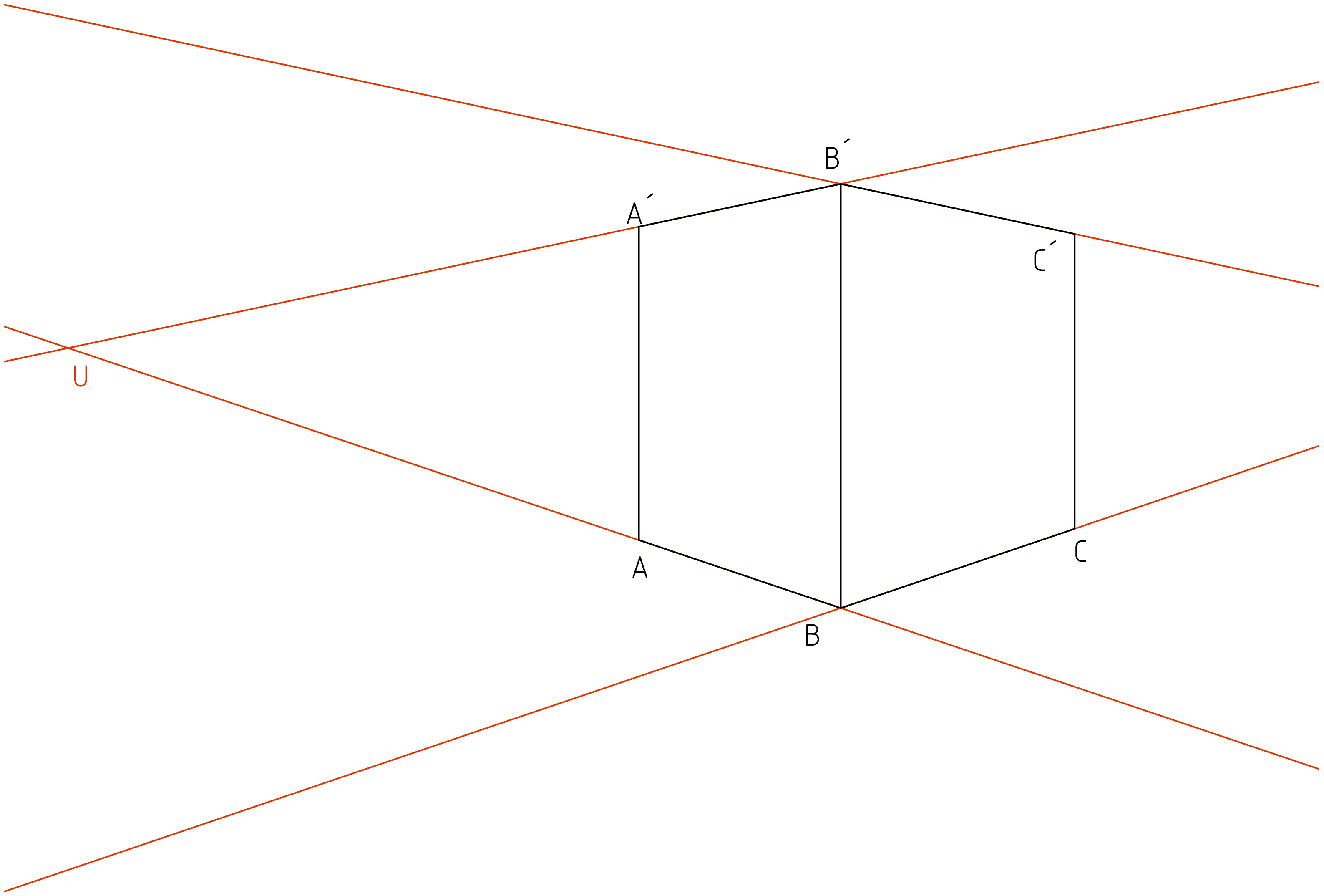


A4 na výšku

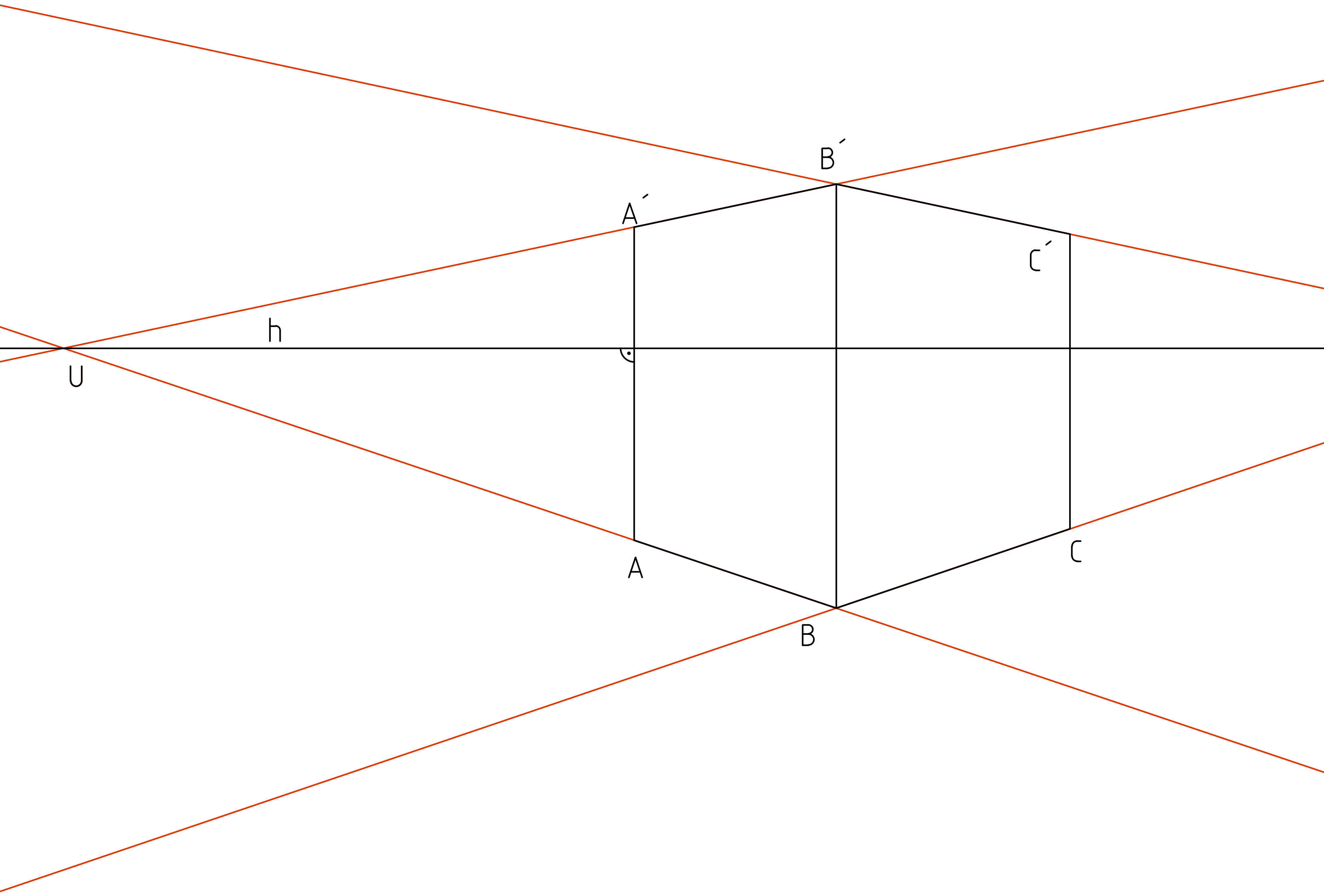
Fotogrammetrie

Zadání je předtištěno na předchozí straně.

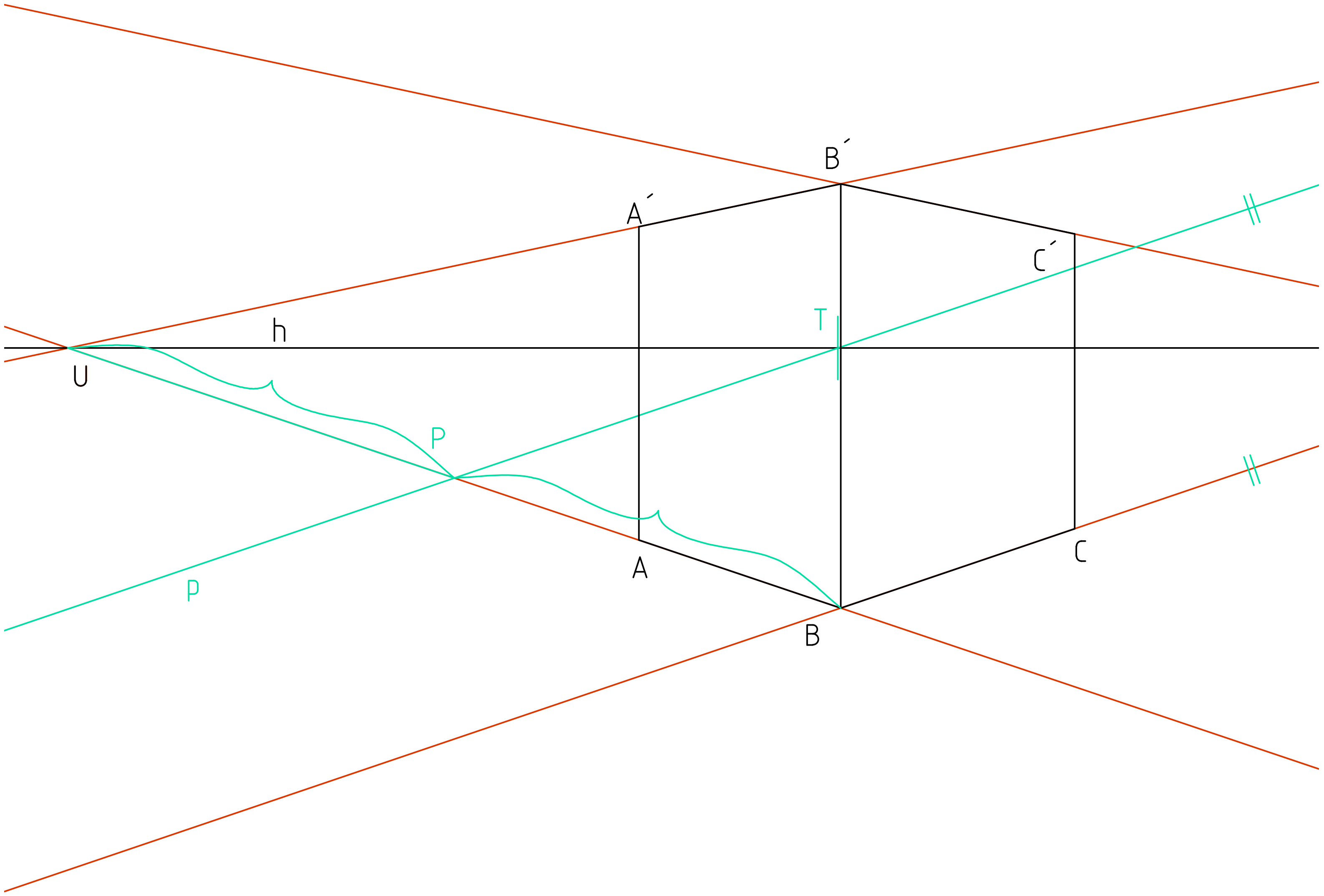
Je dán vodorovný snímek krychle, jejíž dolní podstava leží v základní rovině. Určete prvky vnitřní orientace a sestrojte otočený půdorys krychle.



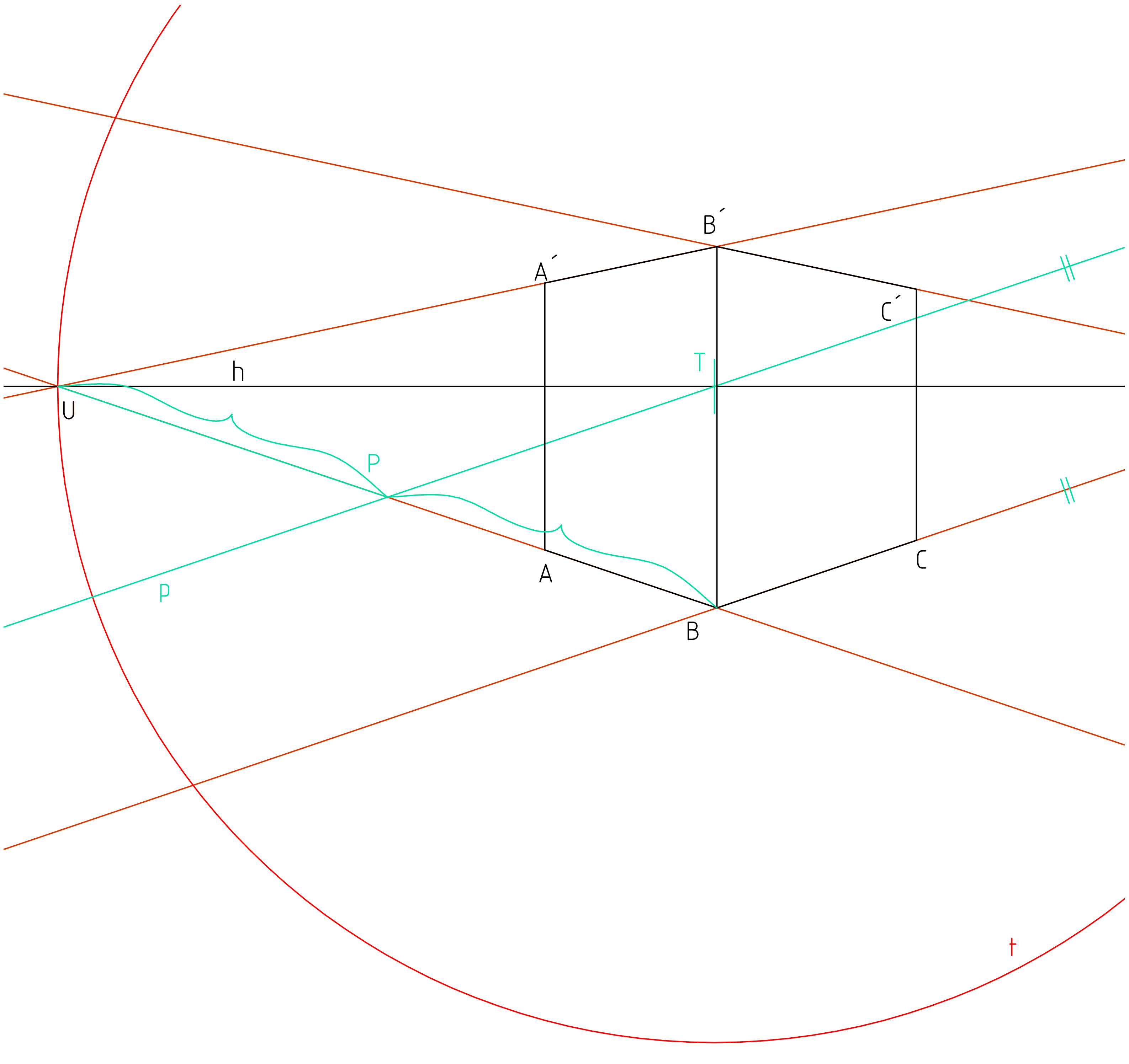
Přímky AB a A´B´ jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek AB a A´B´ je jejich úběžník. Označíme jej U. Přímky BC a B´C´ jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek BC a B´C´ je jejich úběžník. Označíme jej V, tento úběžník se nevejde na papír.



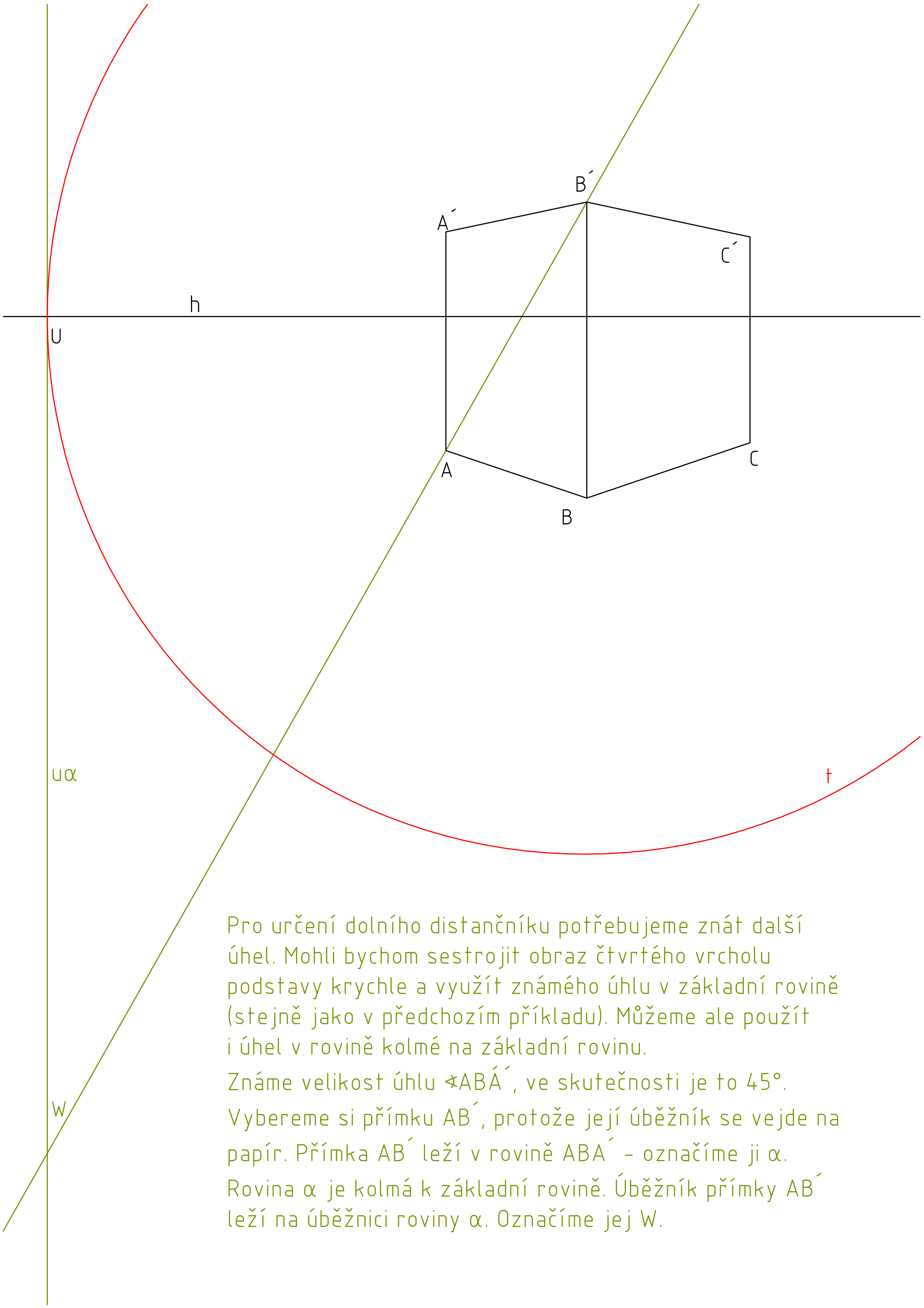
Přímka AB leží v základní rovině, proto její úběžník leží na horizontu.
Horizont je vodorovná přímka, která prochází úběžníkem U.
Přímky AA´, BB´ a CC´ jsou kolmé k základní rovině, proto jsou jejich průměty kolmé k horizontu.



Protože úhel ∢ABC je pravý, leží dolní distančník na Thaletově kružnici t nad úsečkou UV (bod V je nedostupný úběžník přímky BC). Střed Thaletovy kružnice T, tj. střed úsečky UV, získáme využitím podobnosti trojúhelníků.
Sestrojíme bod P – střed úsečky UB a tímto bodem vedeme přímku p rovnoběžnou s BV (=BC). Průsečík přímky p a horizontu h (=UV) označíme T, je to střed hledané Thaletovy kružnice.
Poznámka: Jedná se o pomocnou konstrukci pro již hotové perspektivní průměty, proto konstrukci středu úsečky UB i rovnoběžky p provádíme běžným způsobem.



Sestrojíme Thaletovu kružnici t se středem T, poloměr kružnice je velikost úsečky UT.

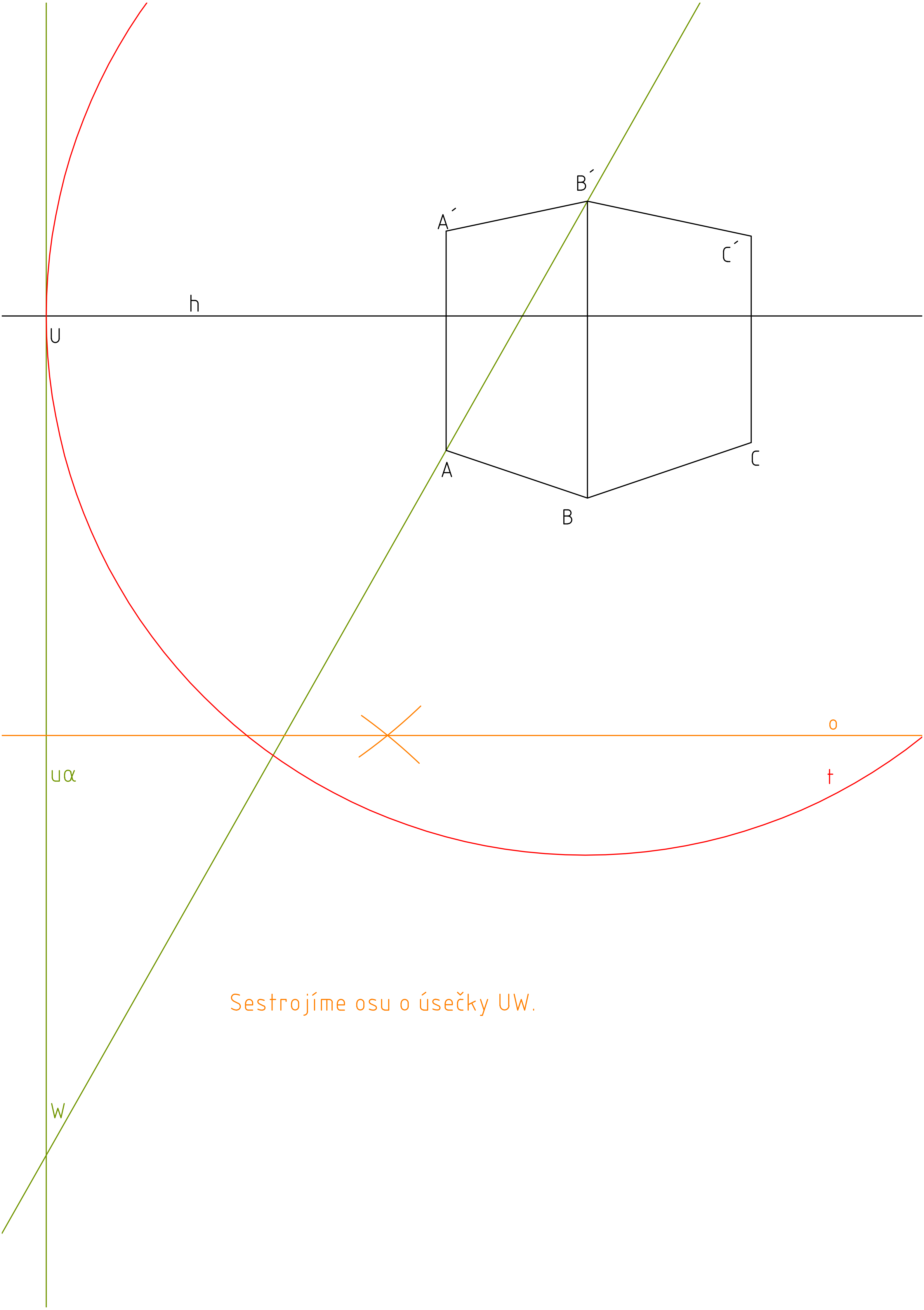


Pro určení dolního distančníku potřebujeme znát další úhel. Mohli bychom sestrojit obraz čtvrtého vrcholu podstavy krychle a využít známého úhlu v základní rovině (stejně jako v předchozím příkladu). Můžeme ale použít i úhel v rovině kolmé na základní rovinu.

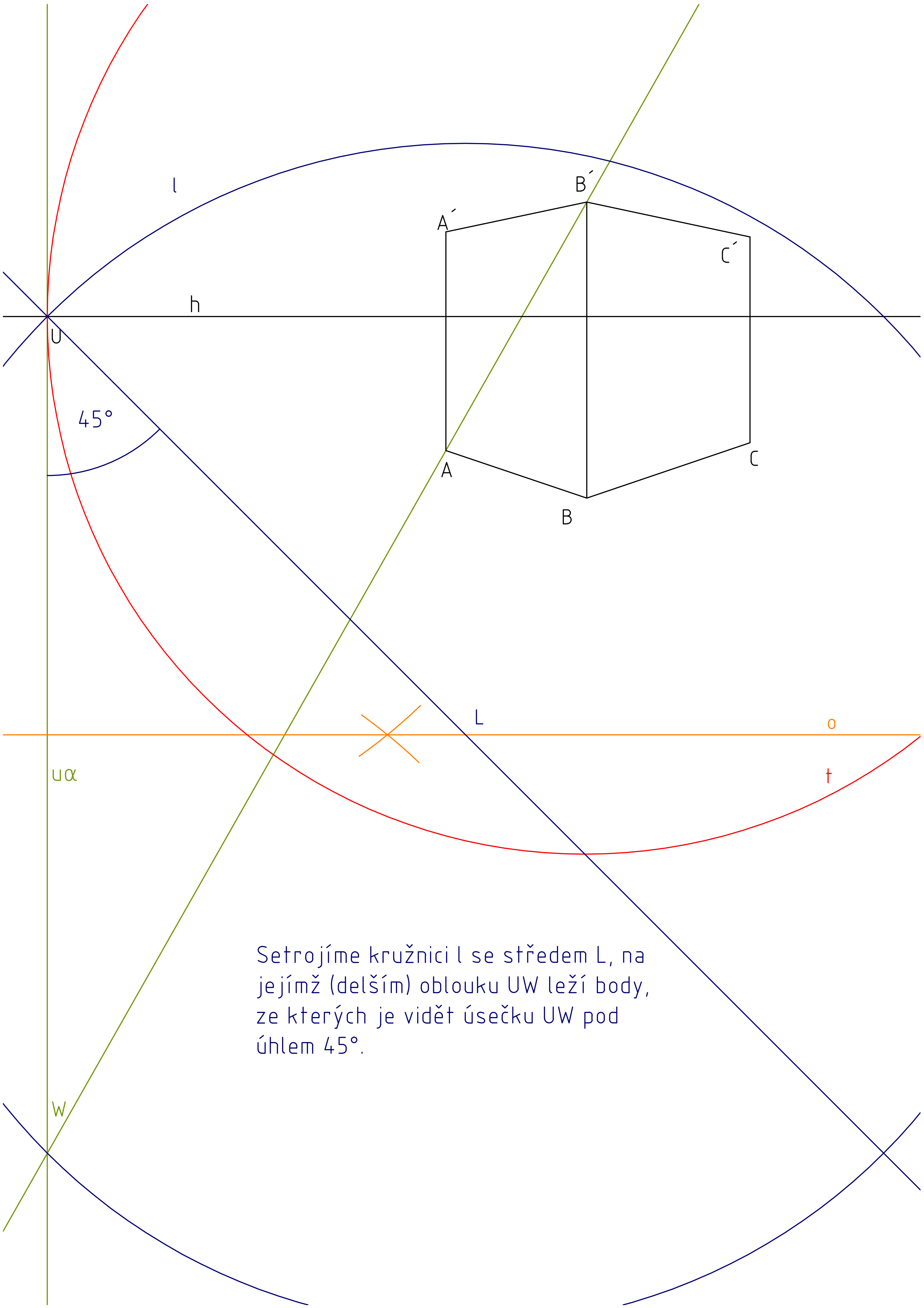
Známe velikost úhlu ∢ABA´, ve skutečnosti je to 45°.

Vybereme si přímku AB´, protože její úběžník se vejde na papír. Přímka AB´ leží v rovině ABA´ – označíme ji α.

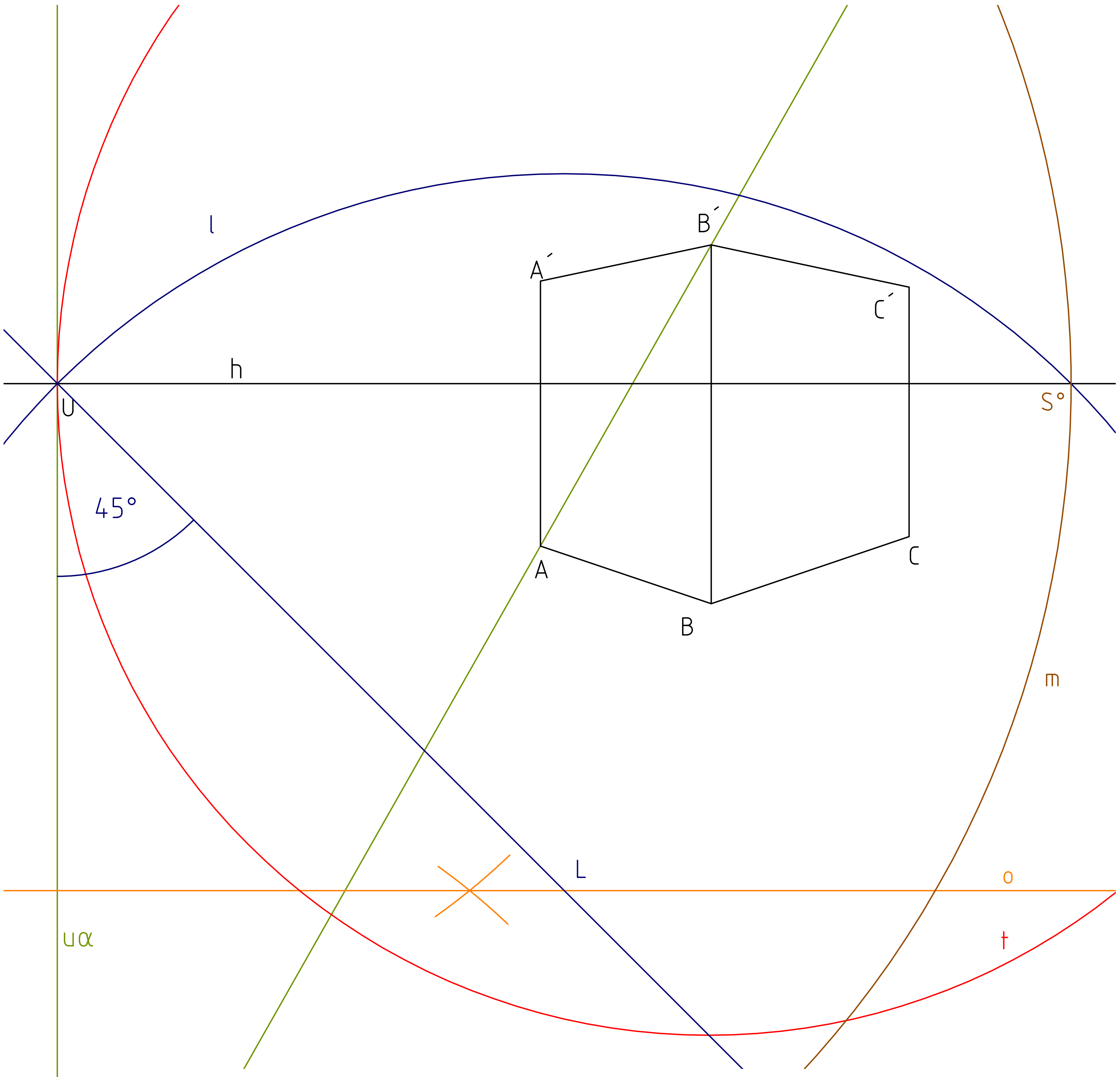
Rovina α je kolmá k základní rovině. Úběžník přímky AB´ leží na úběžnici roviny α. Označíme jej W.



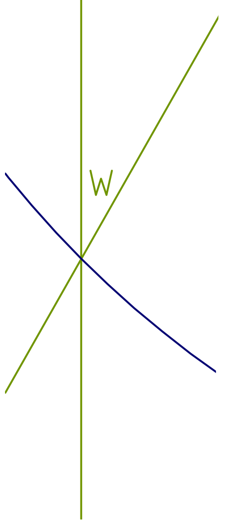
Sestrojíme osu o úsečky UW.



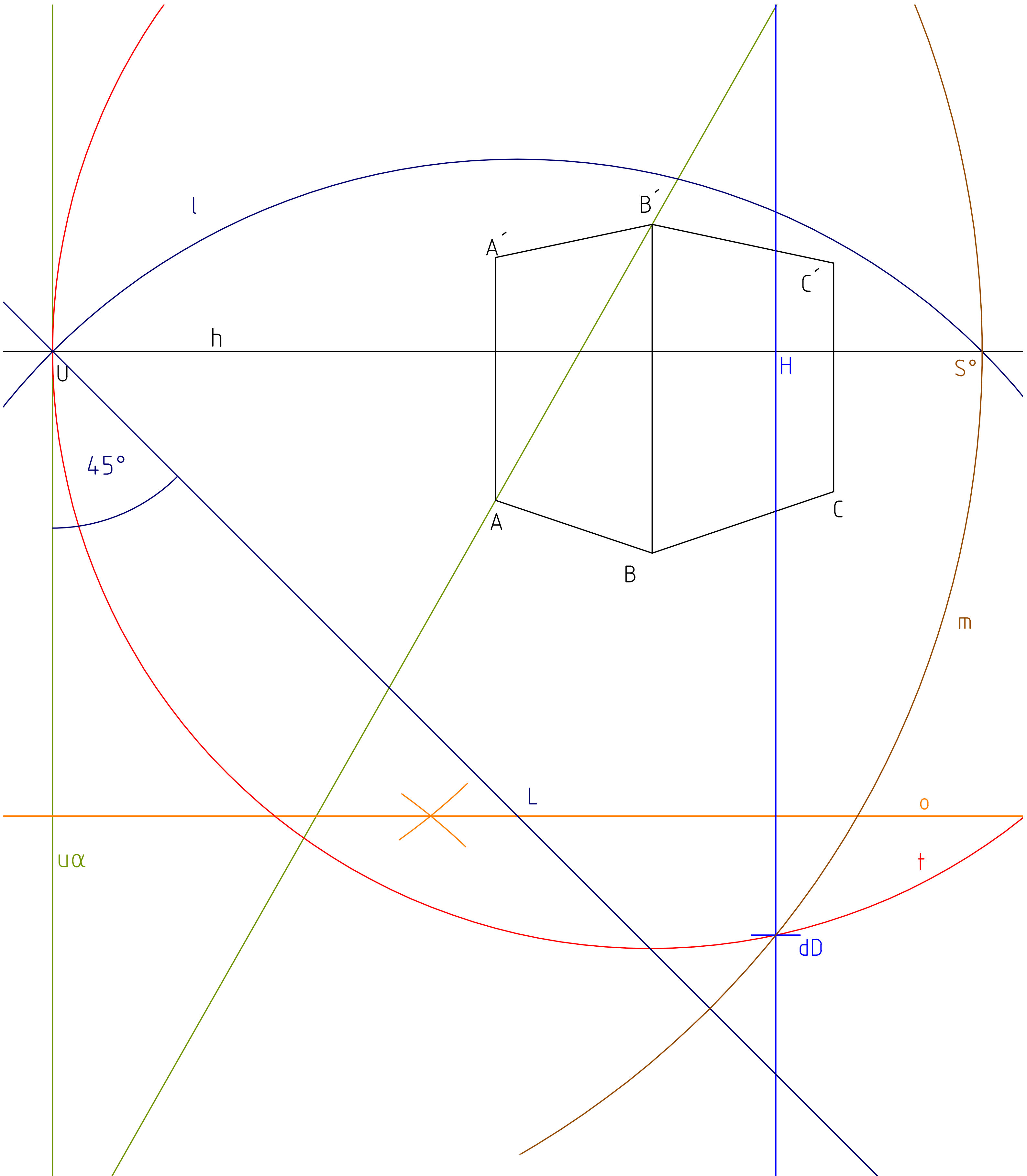
Setrojíme kružnici l se středem L, na jejímž (delším) oblouku UW leží body, ze kterých je vidět úsečku UW pod úhlem 45°.



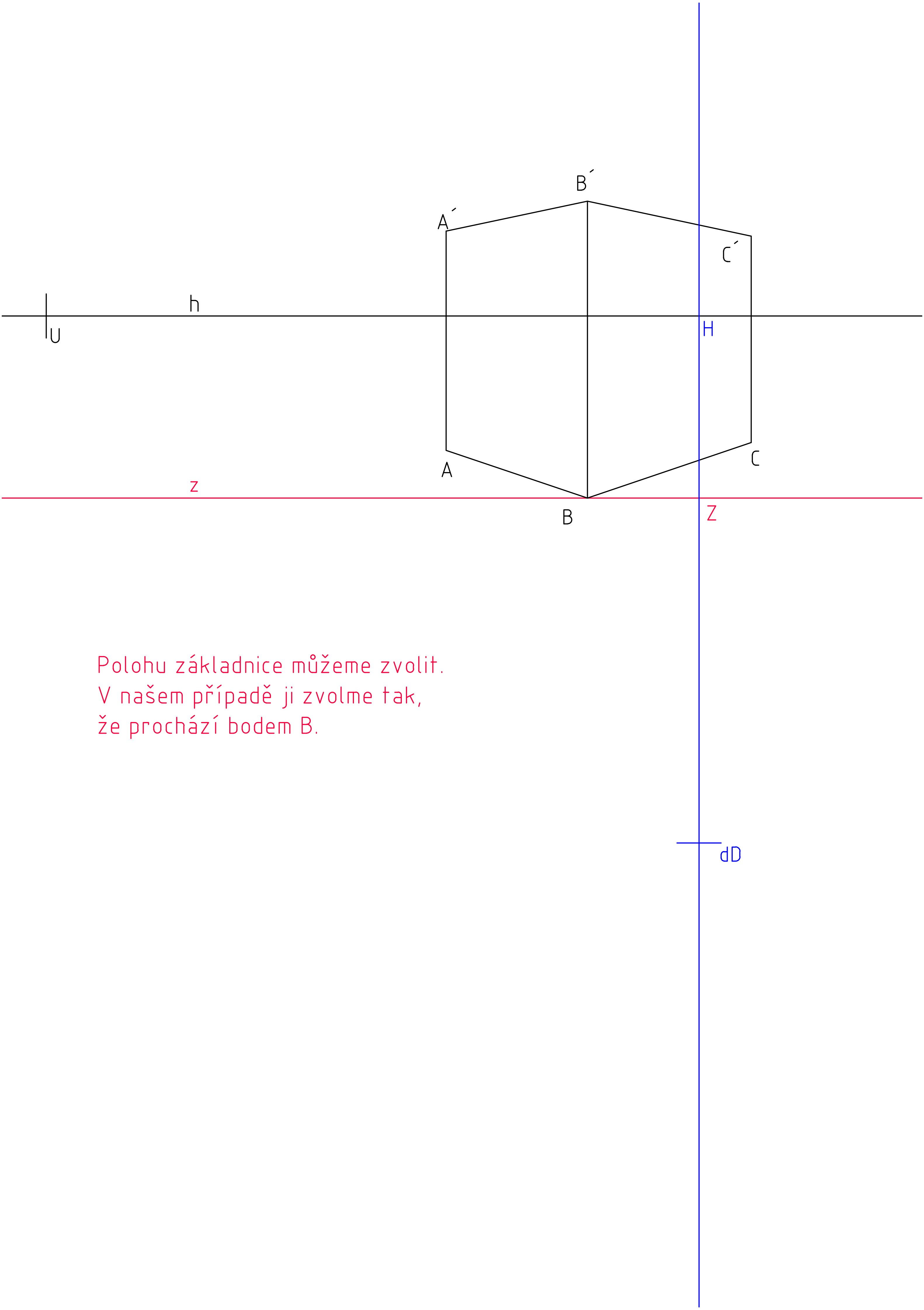
POZOR:
Dolní distančník není průsečík kružnic t a l, protože známé úhly jsou v rozdílných rovinách, |∢ABC|=90° ve vodorovné rovině a |∢AB´A´|=45° ve svislé rovině.



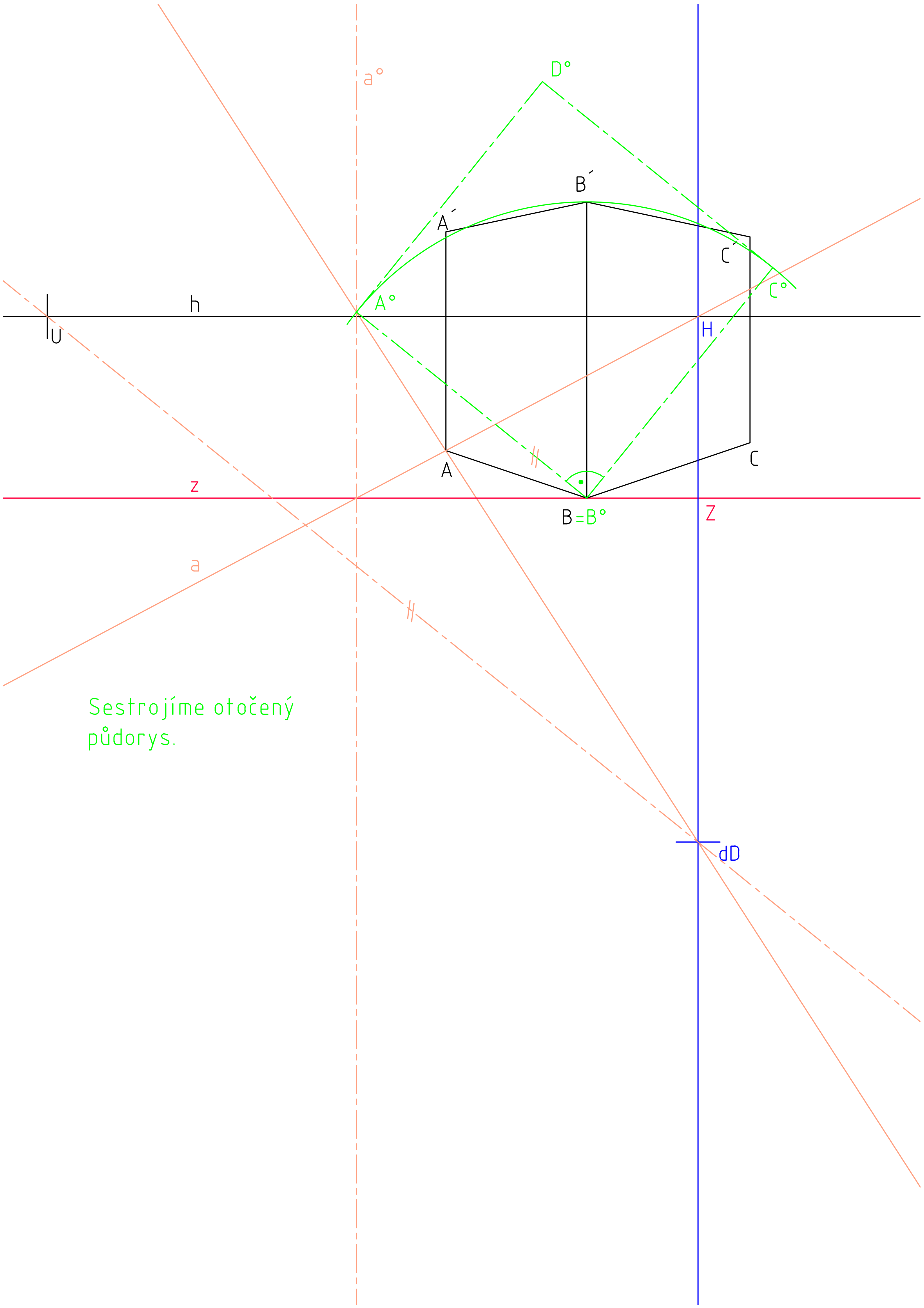
Kružnice l protíná horizont ve dvou bodech, jeden z nich je bod U, druhý označíme S°.
Představte si rovinu procházející body S (oko), U a W. |∢USW|=45°. Otočíme-li tuto rovinu do průmětny (papír) kolem UW, bude otočený bod S na horizontu, je to bod S°, |∢US°W|=45°. Vzdálenost |US°| je vzdálenost bodu U od oka a také vzdálenost bodu U od dolního distančníku. Sestrojíme kružnici m (U, |US°|).



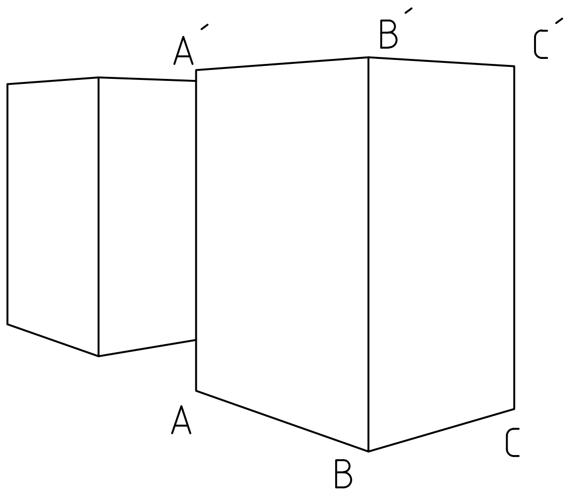
Průsečík kružnice m a Thaletovy kružnice t je dolní distančník dD. Kolmice dolním distančníkem k horizontu je hlavní vertikála, jejíž průsečík s horizontem je hlavní bod H.

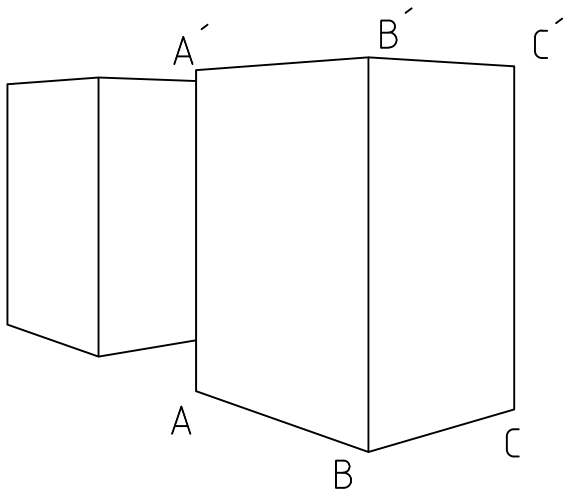


Polohu základnice můžeme zvolit.
V našem případě ji zvolme tak,
že prochází bodem B.



Sestrojíme otočený půdorys.


A'
B'
C'
A
B
C

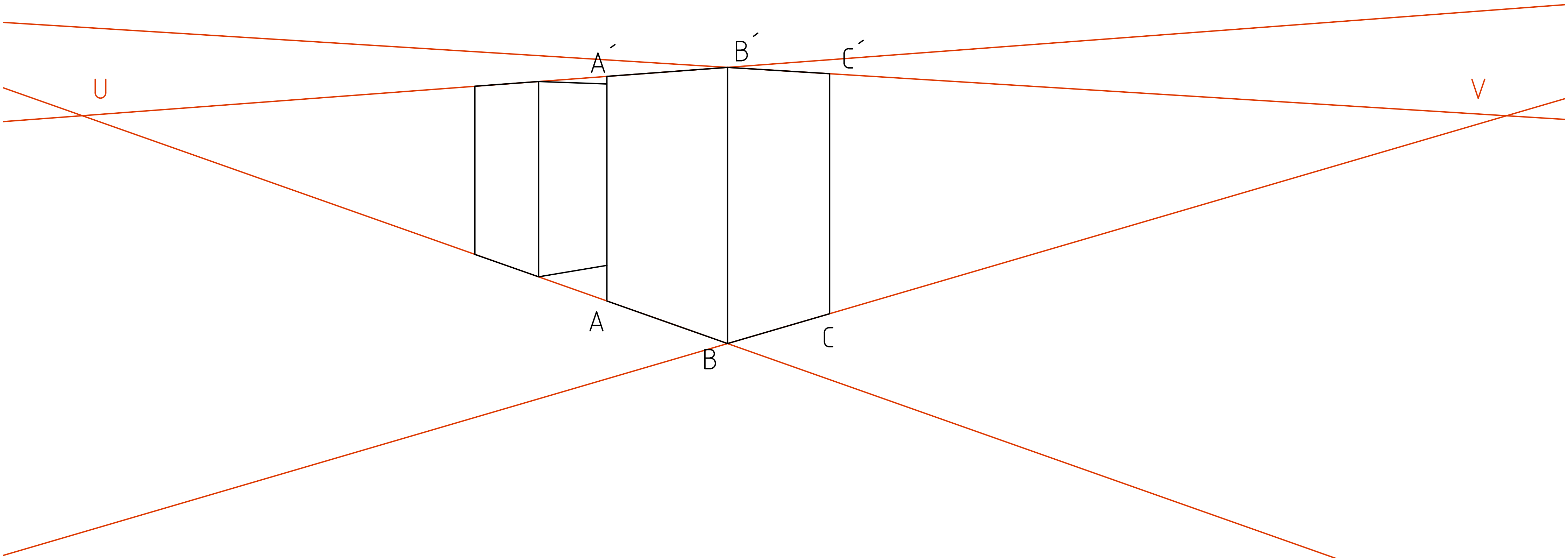


A4 na šířku

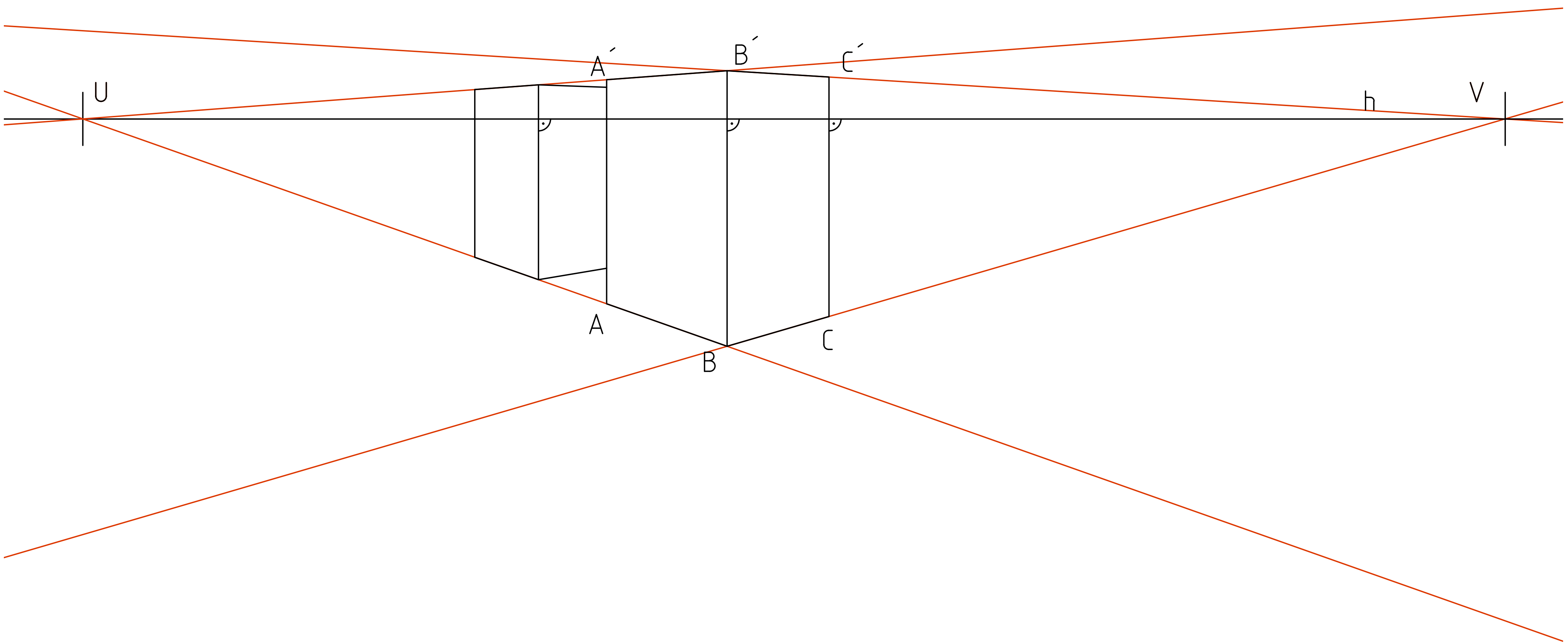
Fotogrammetrie

Zadání je předtištěno na předchozí straně.

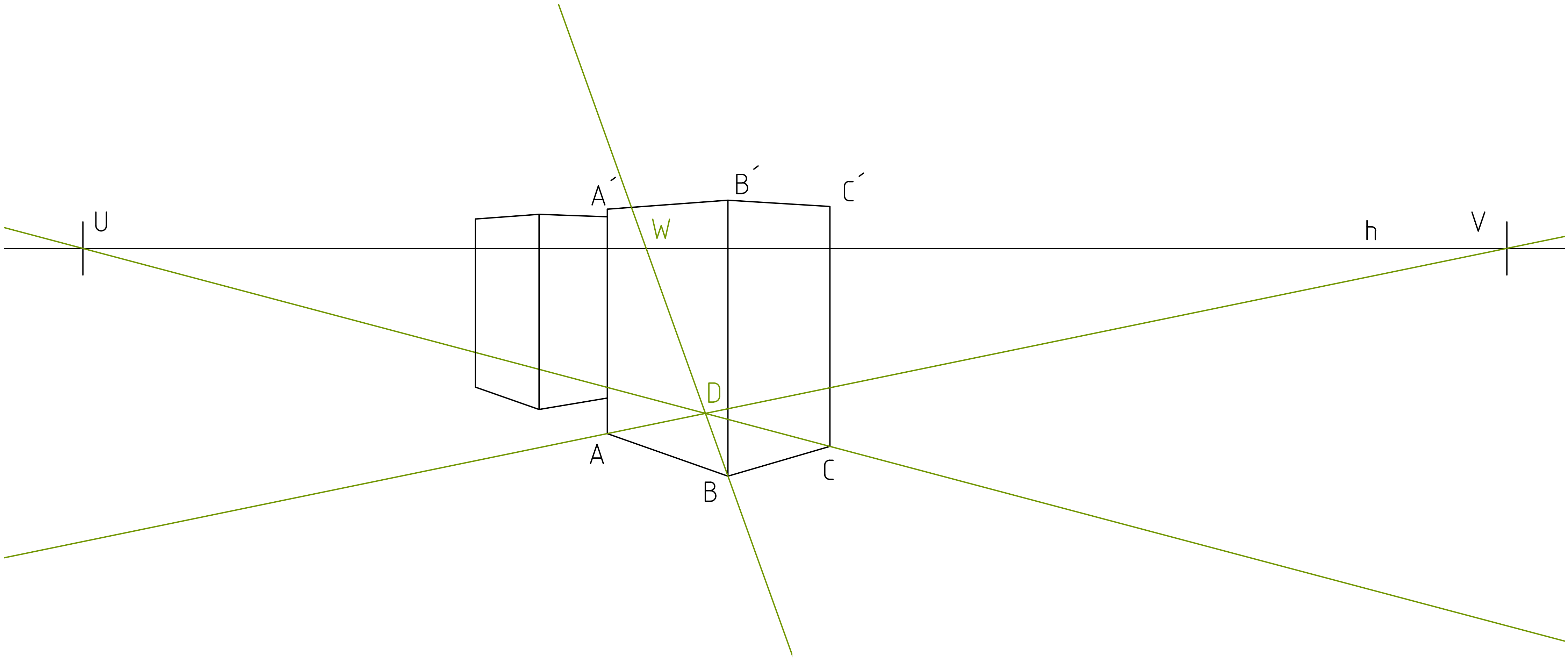
Je dán vodorovný snímek dvou stejných kvádrů, jejichž dolní podstavy leží v základní rovině. Zjistěte délku proluky, jestliže víte, že strana AB meří 25m a délka strany BC je polovinou délky AB. Určete prvky vnitřní orientace a sestrojte otočený půdorys v měřítku 1:1000. Dále dokreslete kvádr, který vyplní proluku mezi zadanými kvádry a bude o polovinu vyšší než zadané kvádry.



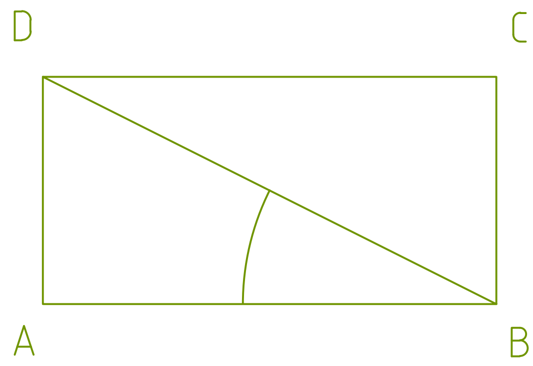
Přímky AB a A´B´ jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek AB a A´B´ je jejich úběžníkem. Označíme jej U. Přímky BC a B´C´ jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek BC a B´C´ je jejich úběžníkem. Označíme jej V.

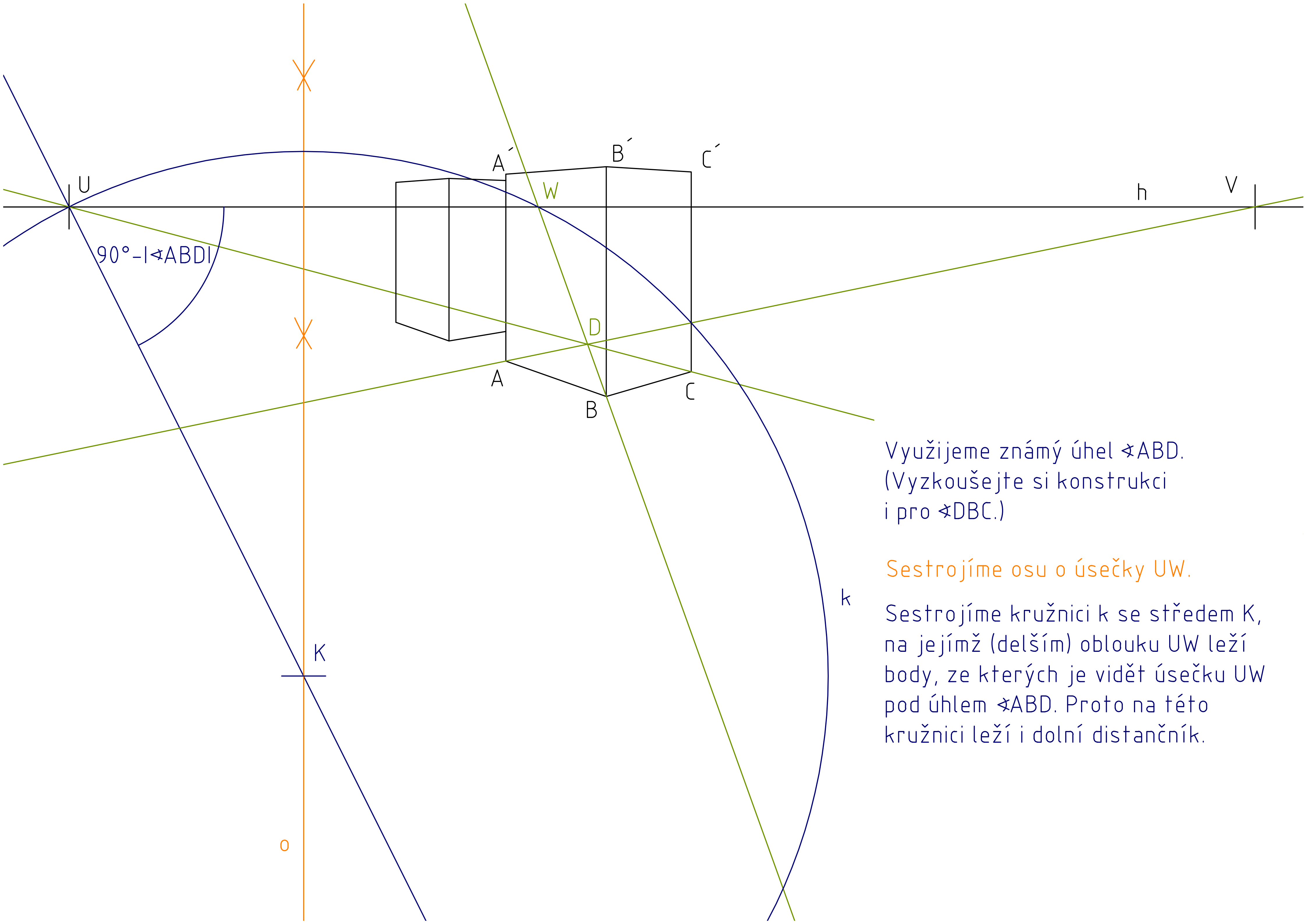


Přímky AB a BC leží v základní rovině, proto jejich úběžníky leží na horizontu.
Horizont vznikne spojením úběžníků U a V.
Přímky AA´, BB´ a CC´ jsou kolmé k základní rovině, proto jsou jejich průměty kolmé k horizontu.



Pro určení dolního distančníku potřebujeme znát skutečnou velikost dvou úhlů. Jeden z nich je jistě ∢ABC, |∢ABC|=90°. Vzhledem k tomu, že známe rozměry podstavy ABCD, známe úhly ∢ABD i ∢DBC. Tyto úhly zjistíme pomocnou konstrukcí, sestrojíme si obdélník ABCD, jehož poměr stran je |AB|:|BC|=2:1.

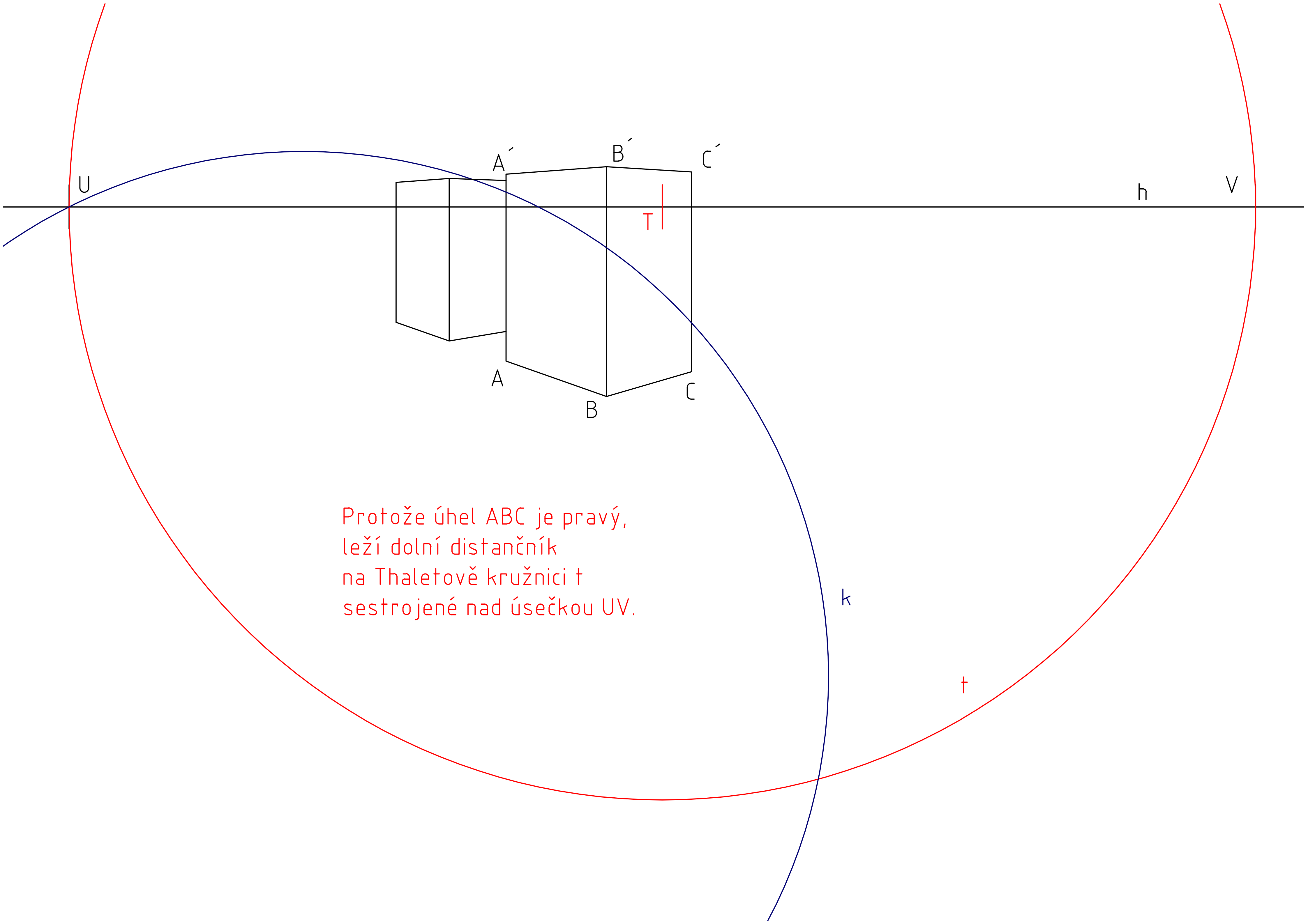




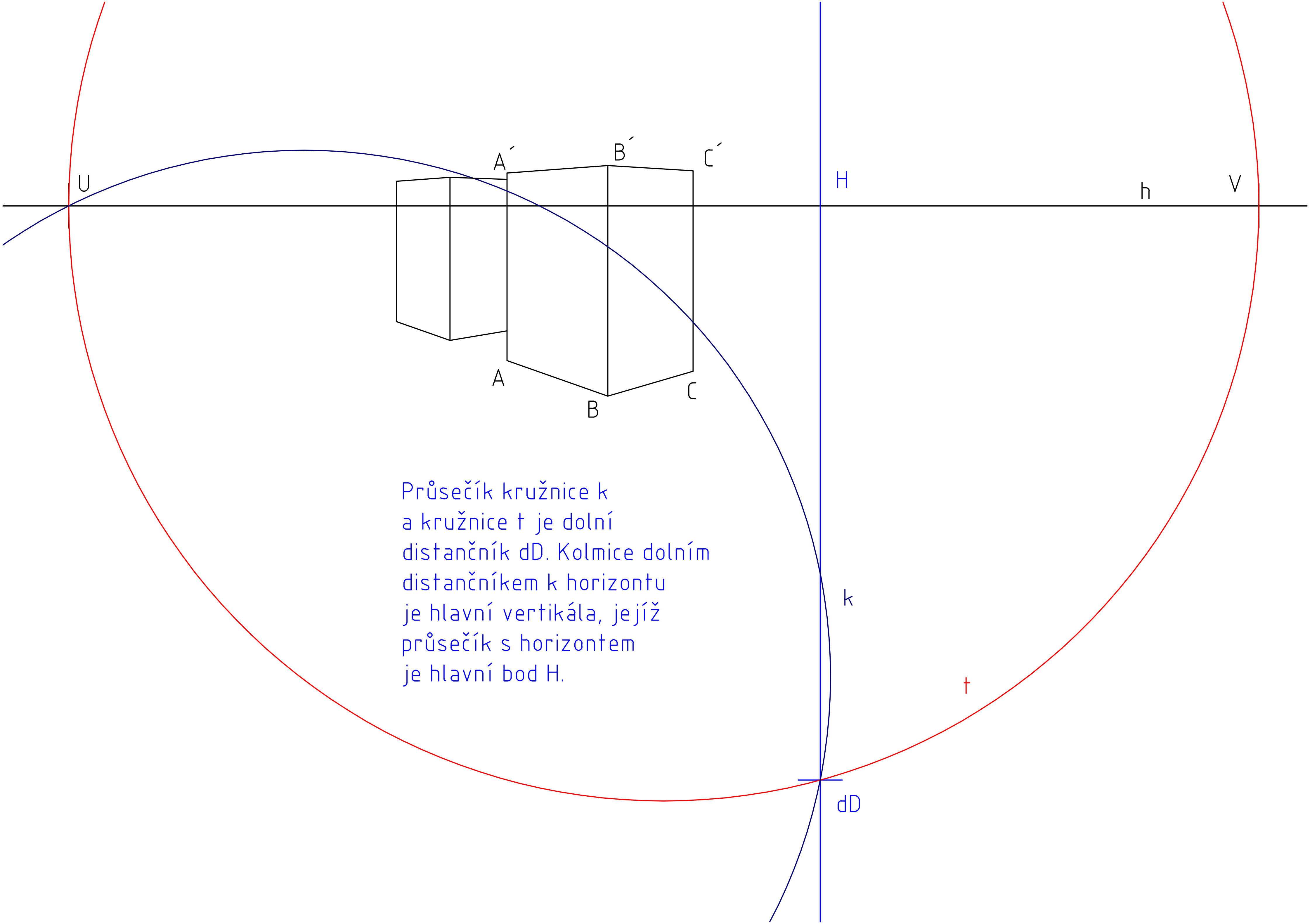
Využijeme známý úhel ∢ABD.
(Vyzkoušejte si konstrukci
i pro ∢DBC.)

Sestrojíme osu o úsečky UW.

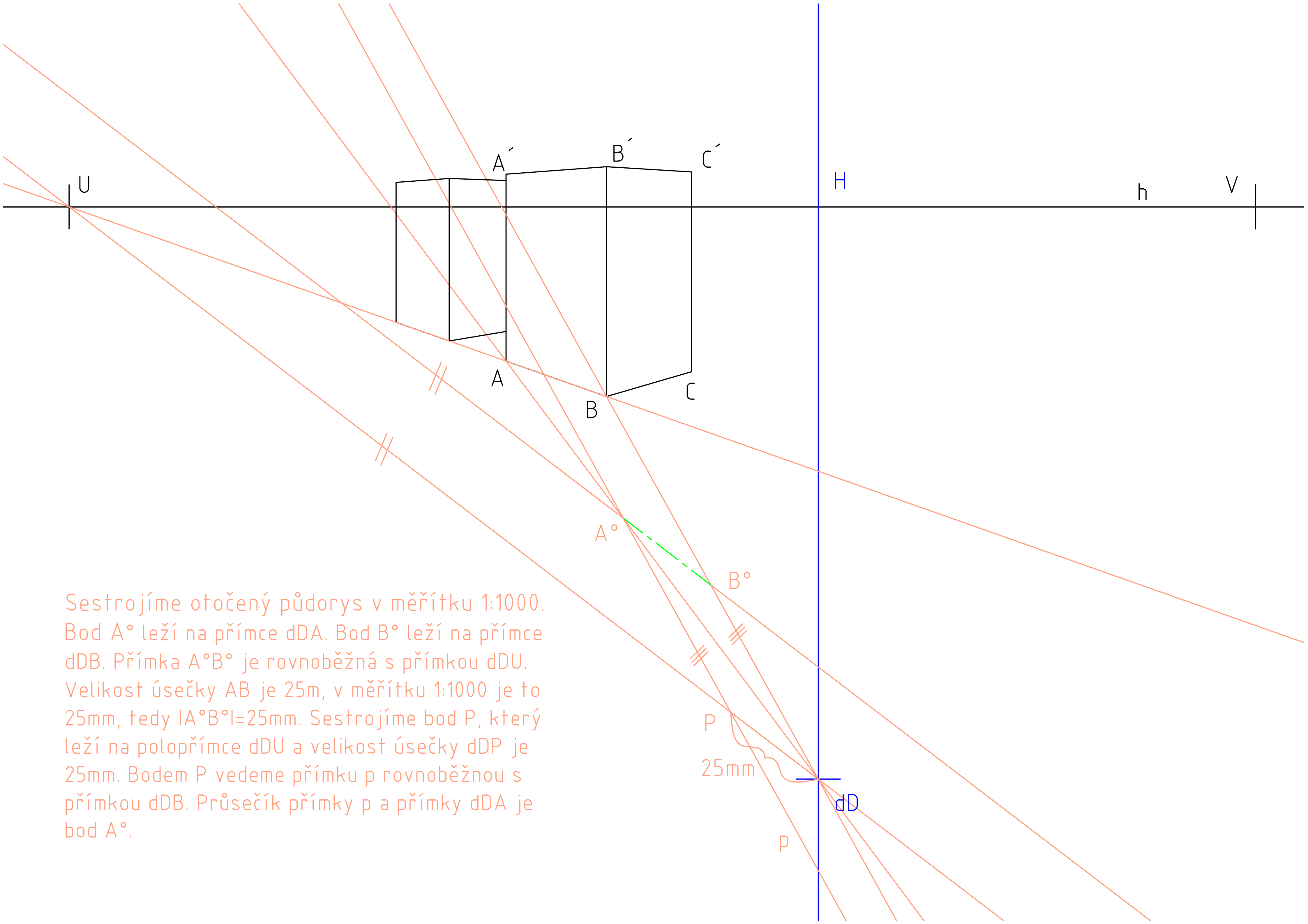
Sestrojíme kružnici k se středem K,
na jejímž (delším) oblouku UW leží
body, ze kterých je vidět úsečku UW
pod úhlem ∢ABD. Proto na této
kružnici leží i dolní distančník.



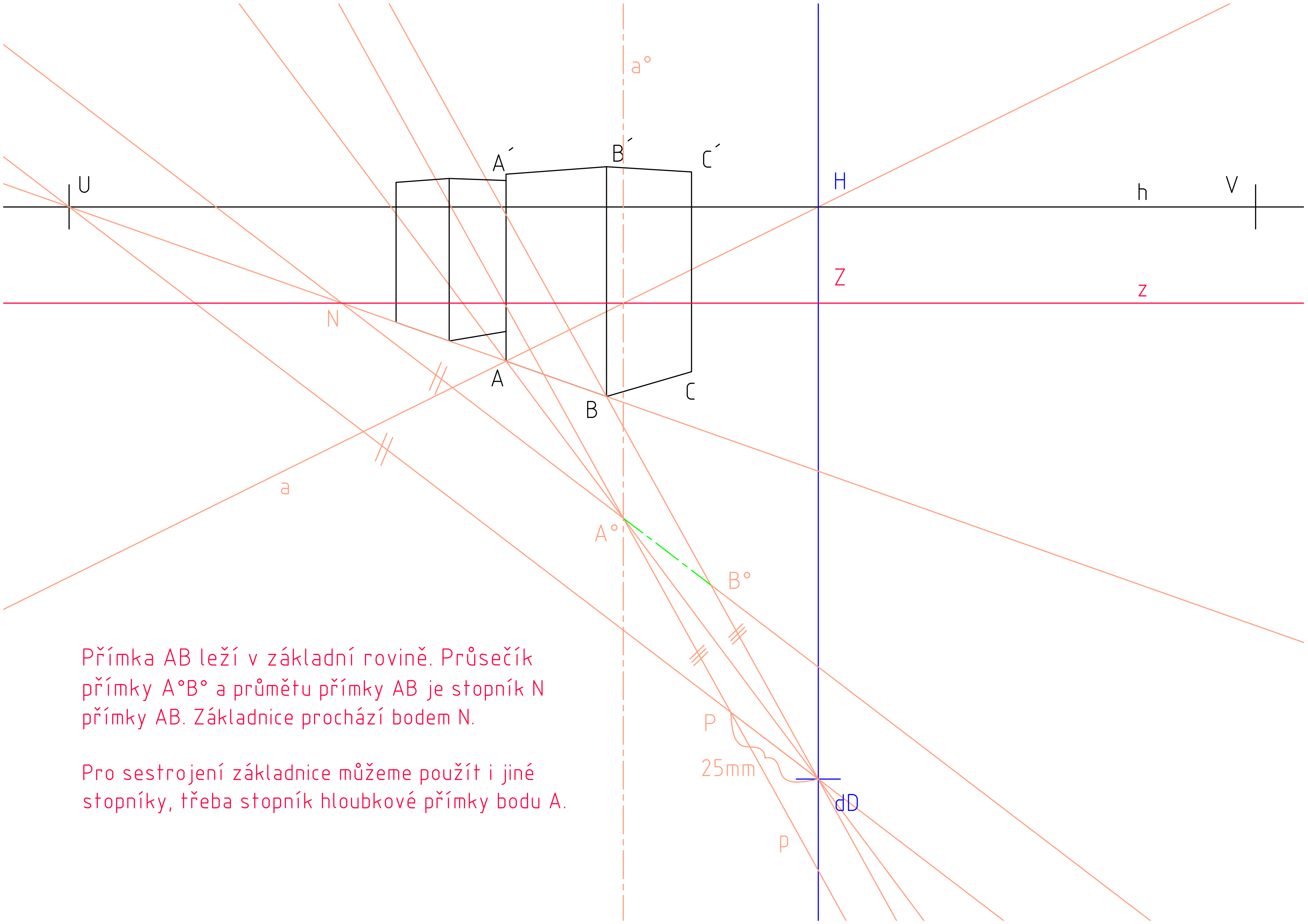
Protože úhel ABC je pravý,
leží dolní distančník
na Thaletově kružnici t
sestrojené nad úsečkou UV.



Průsečík kružnice k
a kružnice t je dolní
distančník dD. Kolmice dolním
distančníkem k horizontu
je hlavní vertikála, jejíž
průsečík s horizontem
je hlavní bod H.

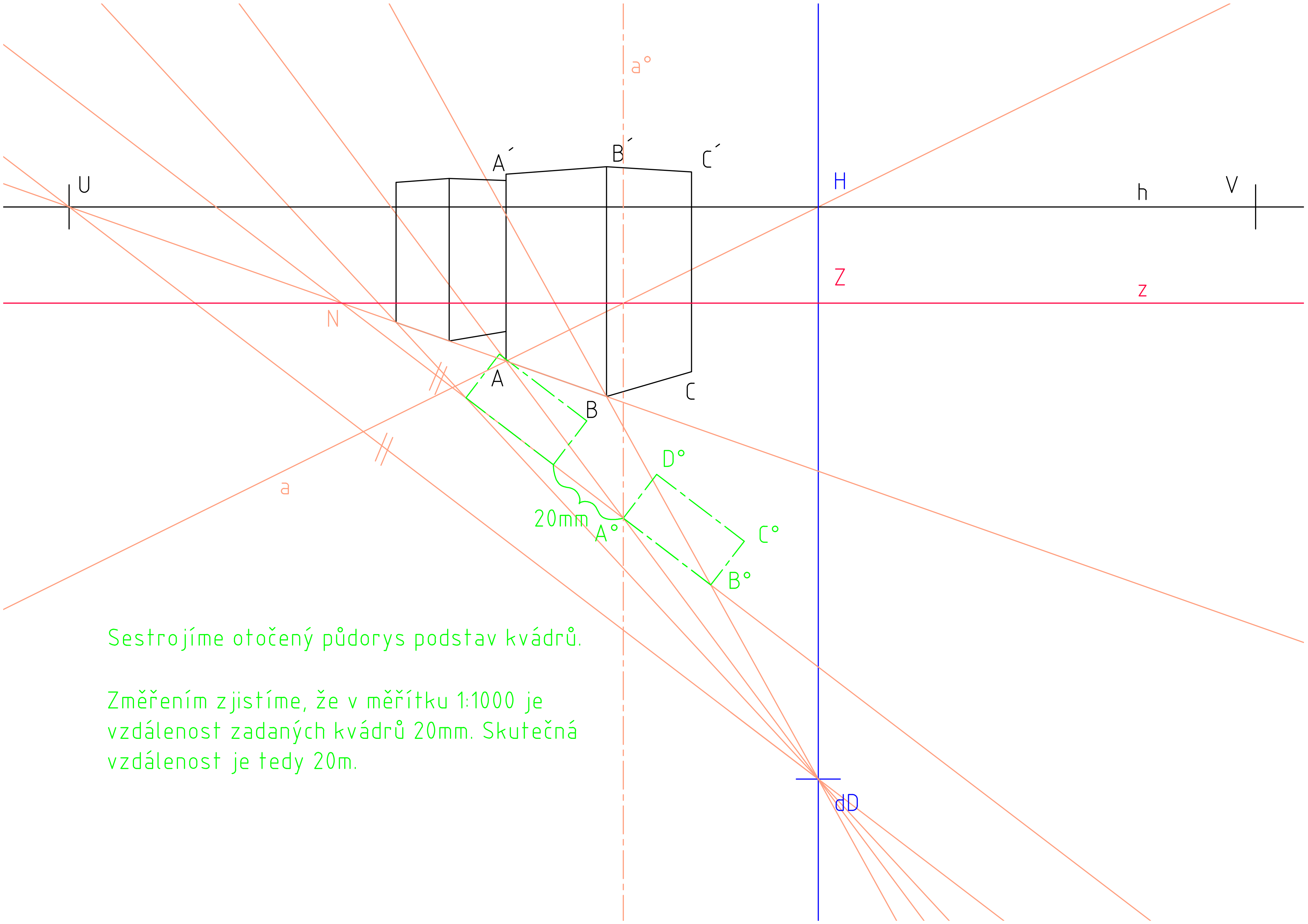


Sestrojíme otočený půdorys v měřítku 1:1000. Bod A° leží na přímce dDA. Bod B° leží na přímce dDB. Přímka A°B° je rovnoběžná s přímkou dDU. Velikost úsečky AB je 25m, v měřítku 1:1000 je to 25mm, tedy |A°B°|=25mm. Sestrojíme bod P, který leží na polopřímce dDU a velikost úsečky dDP je 25mm. Bodem P vedeme přímku p rovnoběžnou s přímkou dDB. Průsečík přímky p a přímky dDA je bod A°.



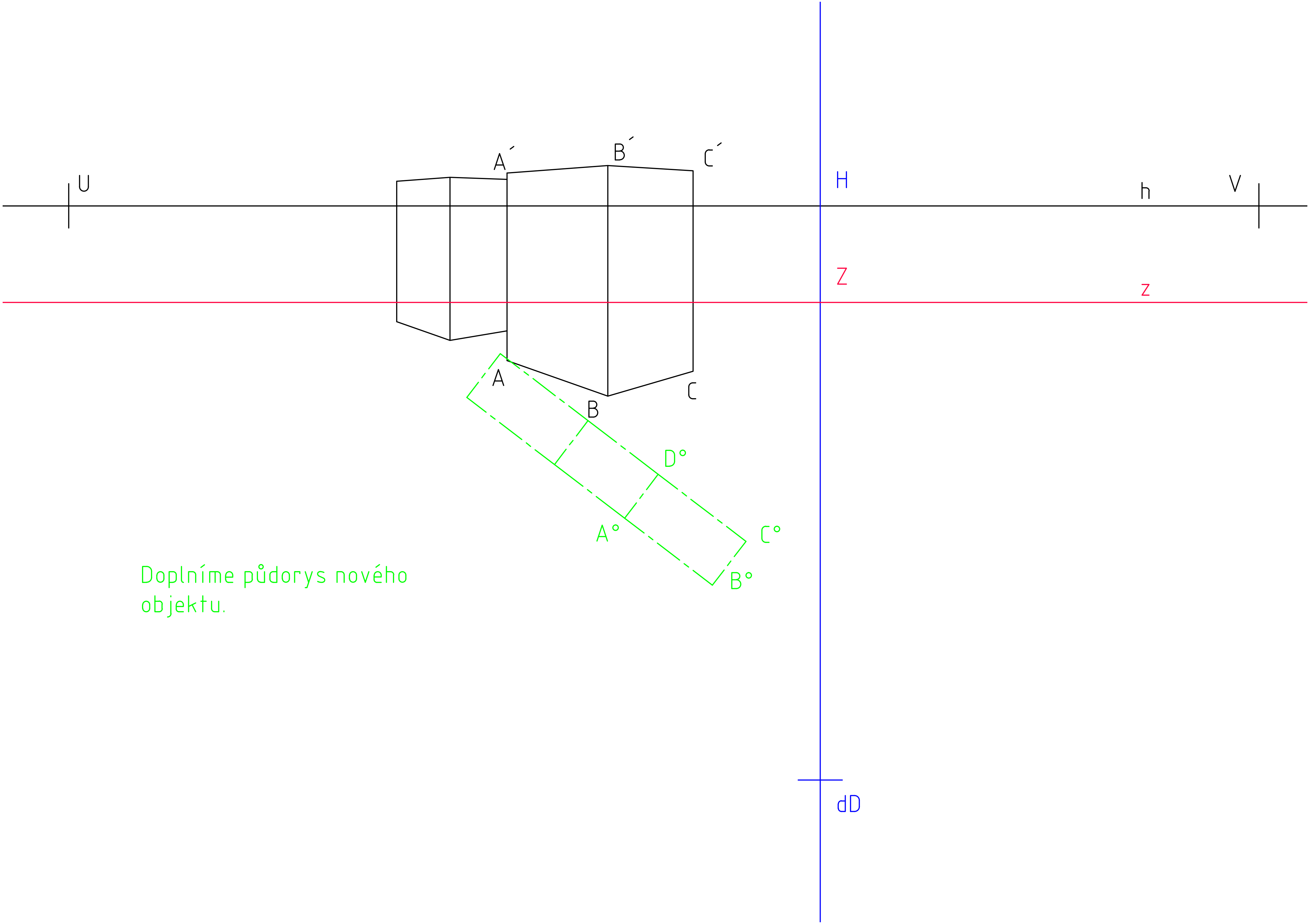
Přímka AB leží v základní rovině. Průsečík přímky A°B° a průmětu přímky AB je stopník N přímky AB. Základnice prochází bodem N.

Pro sestrojení základnice můžeme použít i jiné stopníky, třeba stopník hloubkové přímky bodu A.

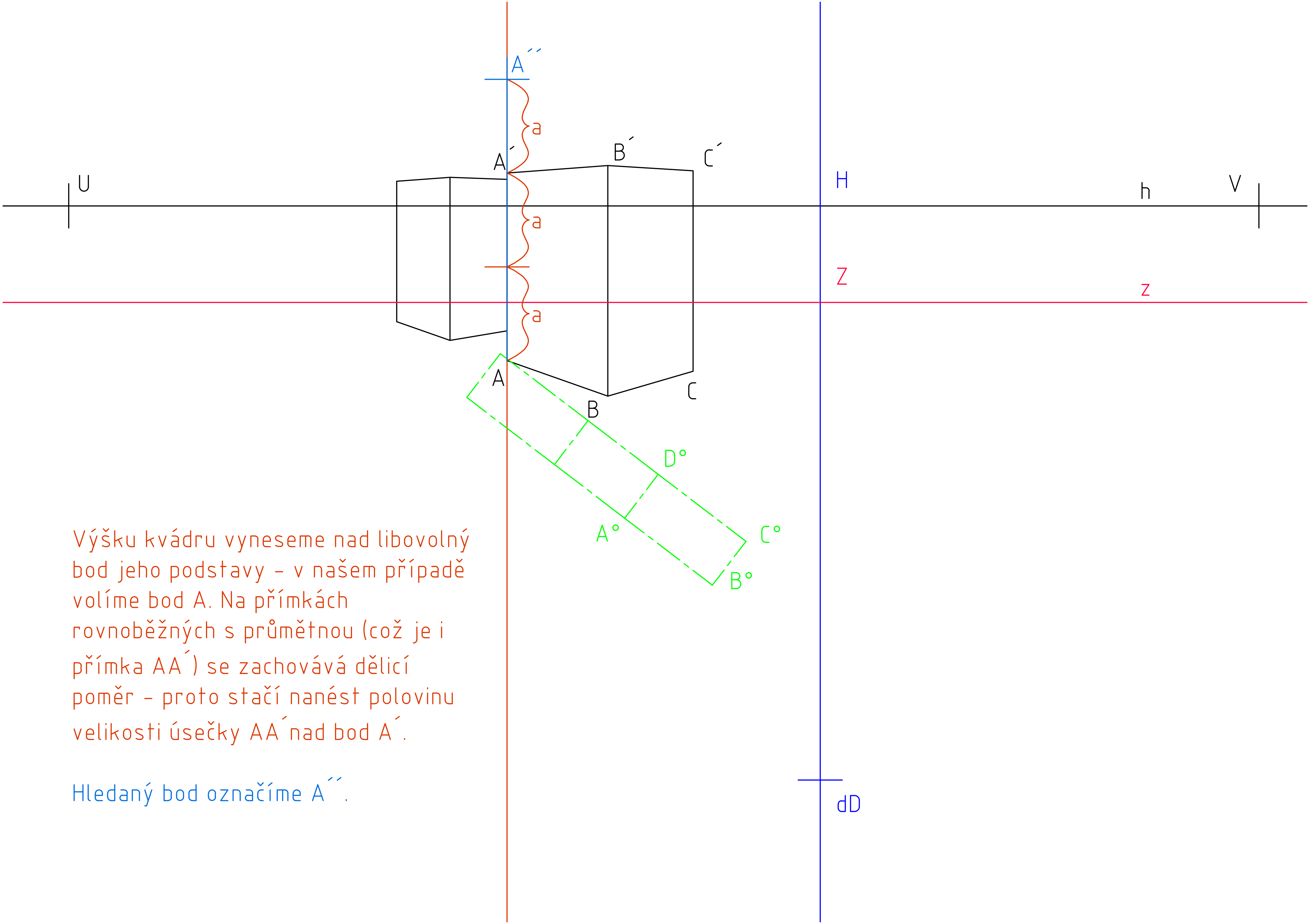


Sestrojíme otočený půdorys podstav kvádrů.

Změřením zjistíme, že v měřítku 1:1000 je vzdálenost zadaných kvádrů 20mm. Skutečná vzdálenost je tedy 20m.

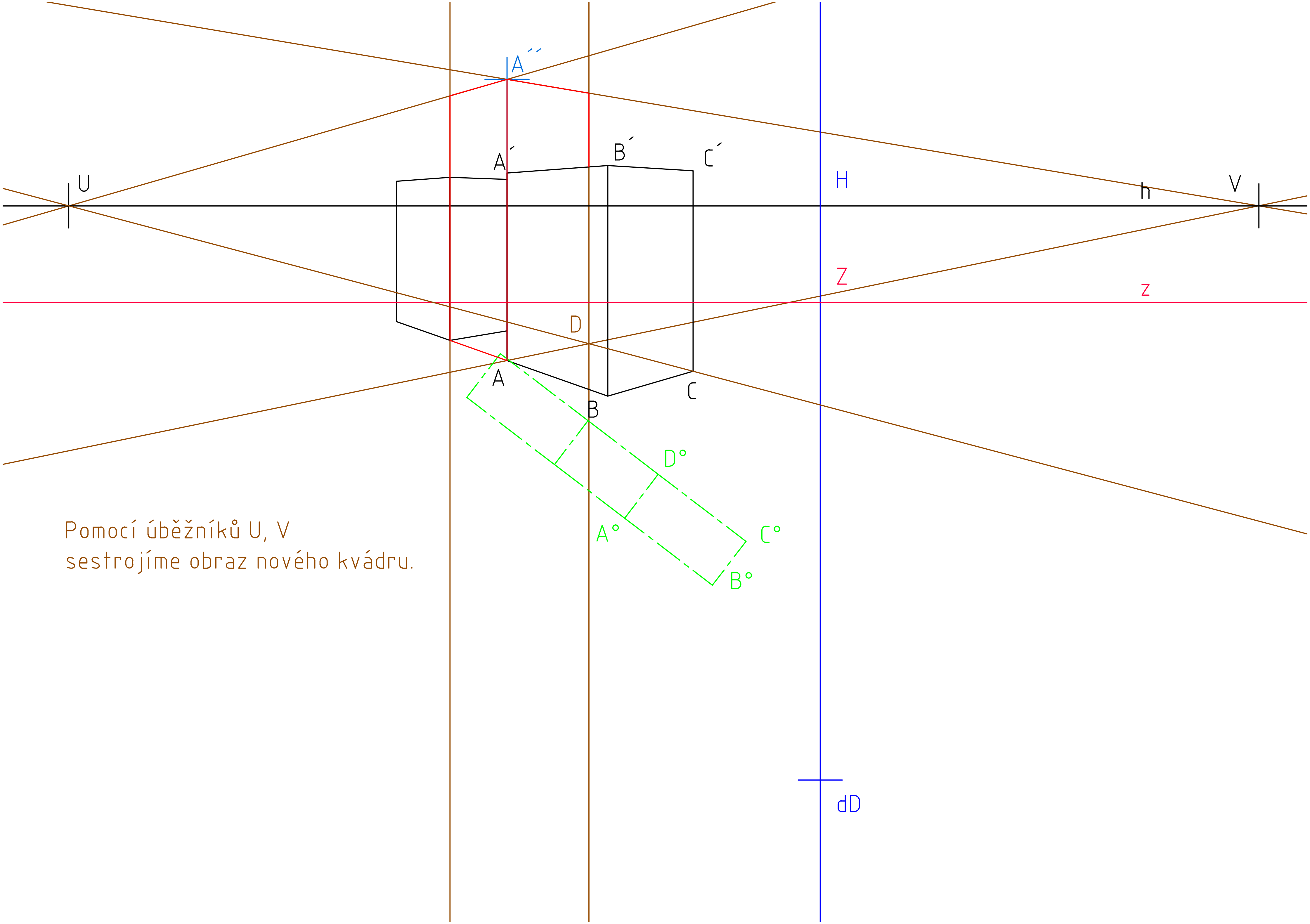


Doplníme půdorys nového
objektu.

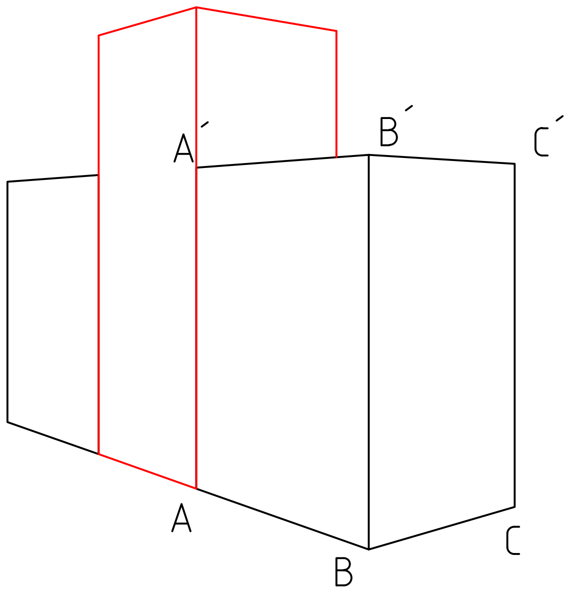


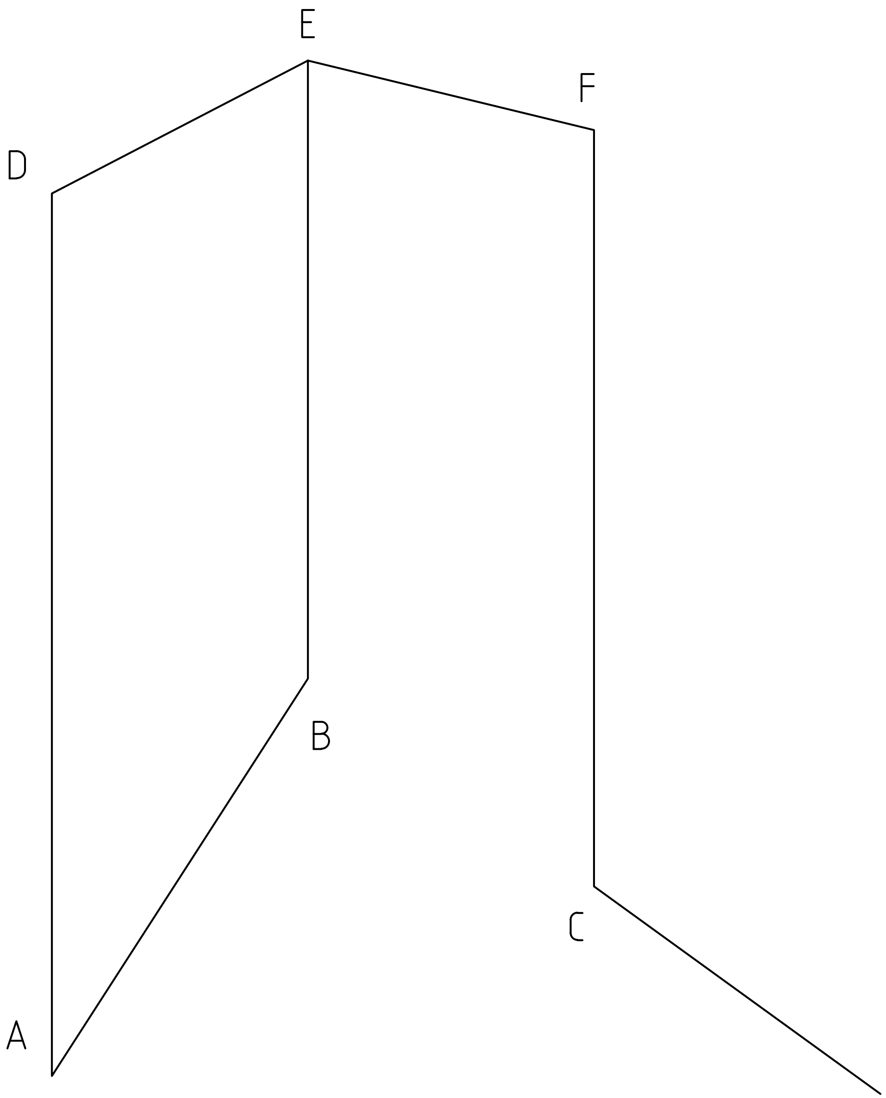
Výšku kvádru vyneseme nad libovolný bod jeho podstavy – v našem případě volíme bod A. Na přímkách rovnoběžných s průmětnou (což je i přímka AA´) se zachovává dělicí poměr – proto stačí nanést polovinu velikosti úsečky AA´ nad bod A´.

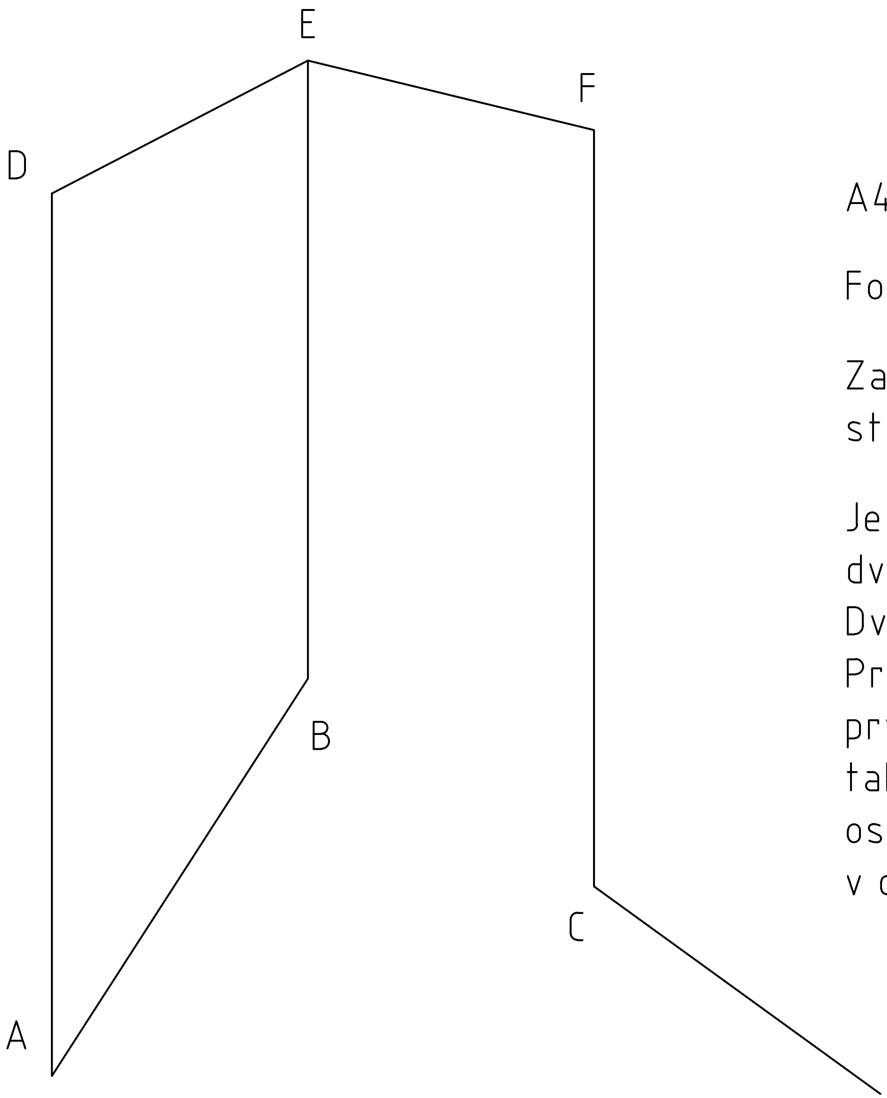
Hledaný bod označíme A´´.



Pomocí úběžníků U, V sestrojíme obraz nového kvádru.


A´
B´
C´
A
B
C


E
F
D
B
C
A

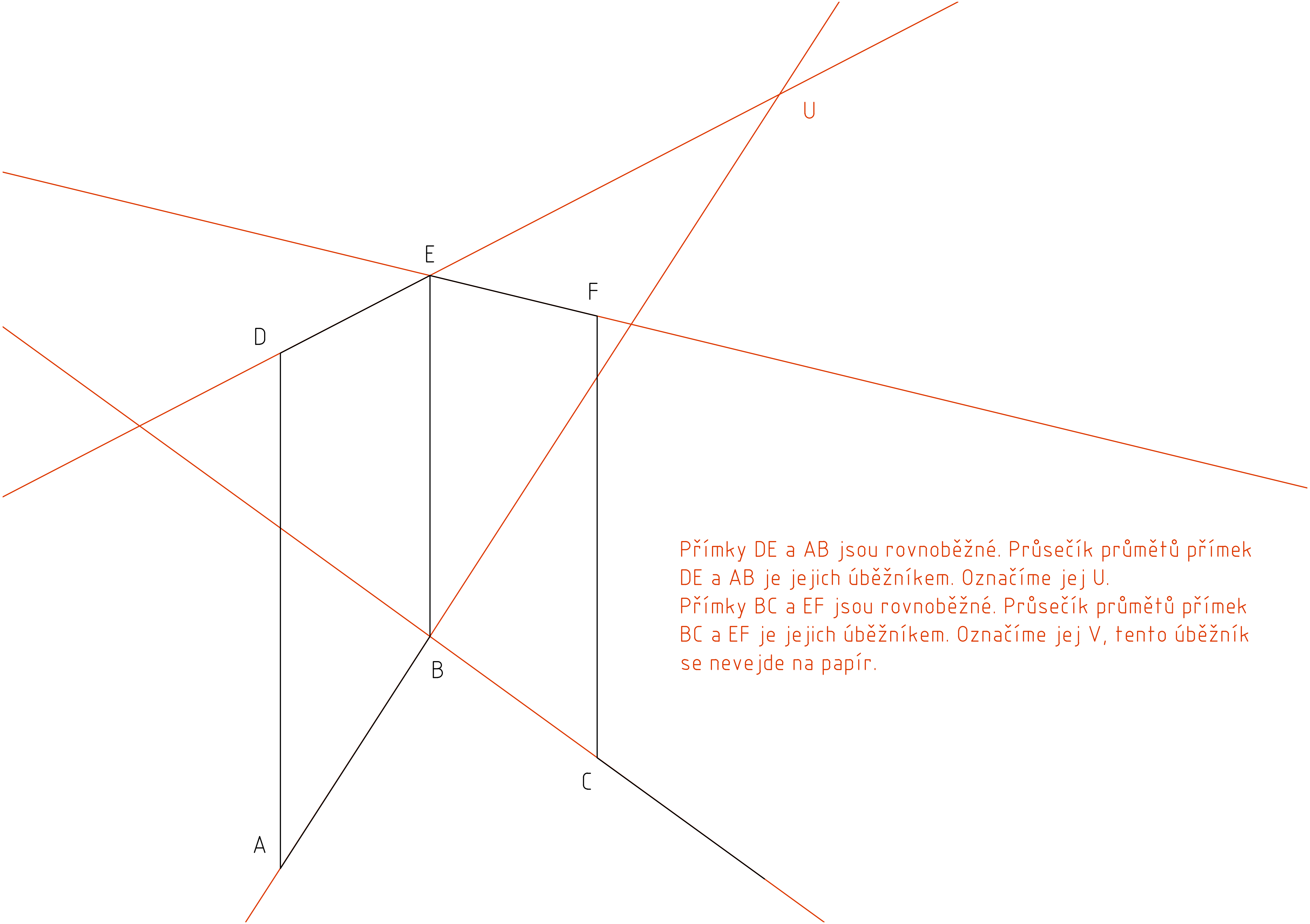


A4 na šířku

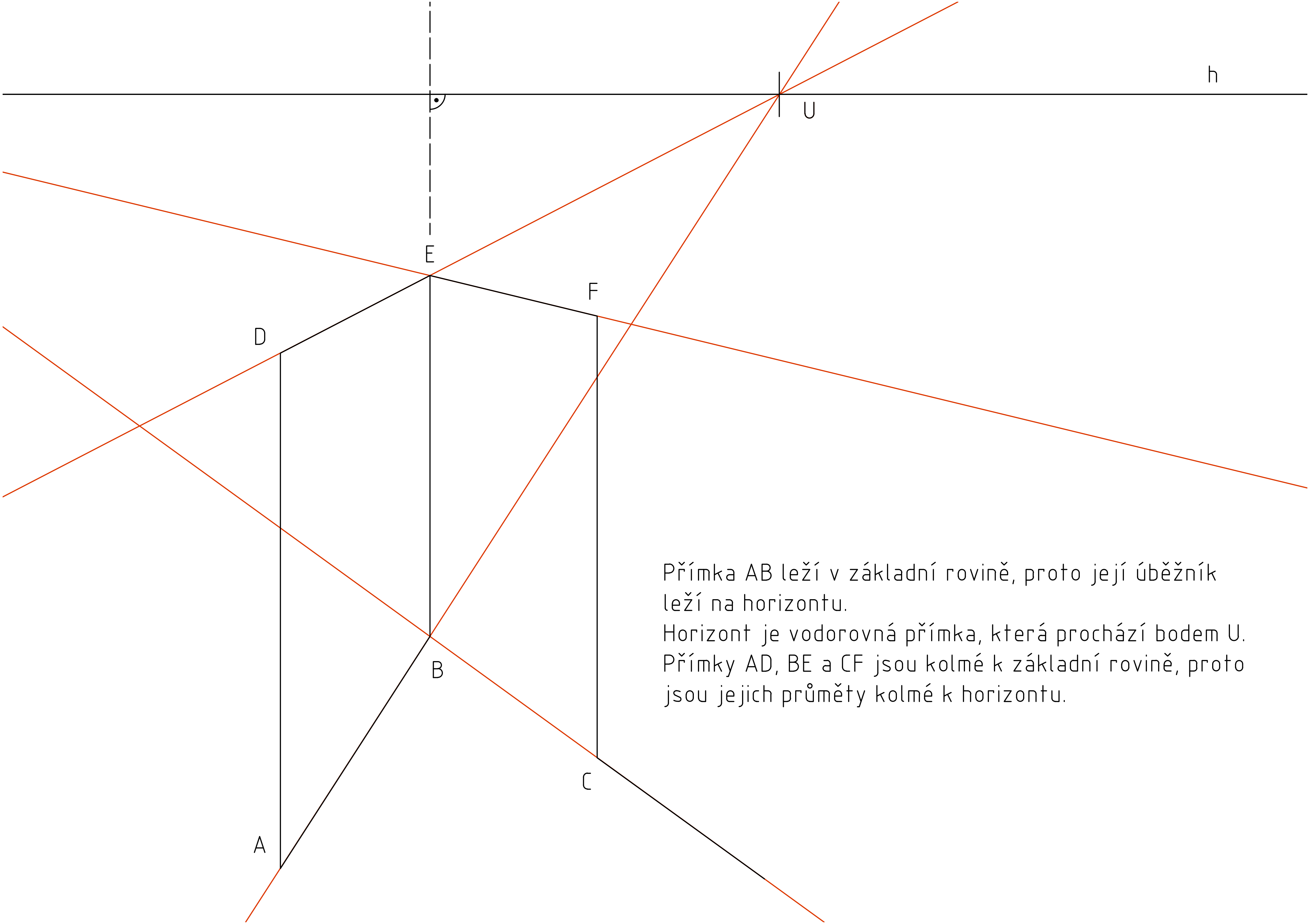
Fotogrammetrie

Zadání je předtištěno na předchozí straně.

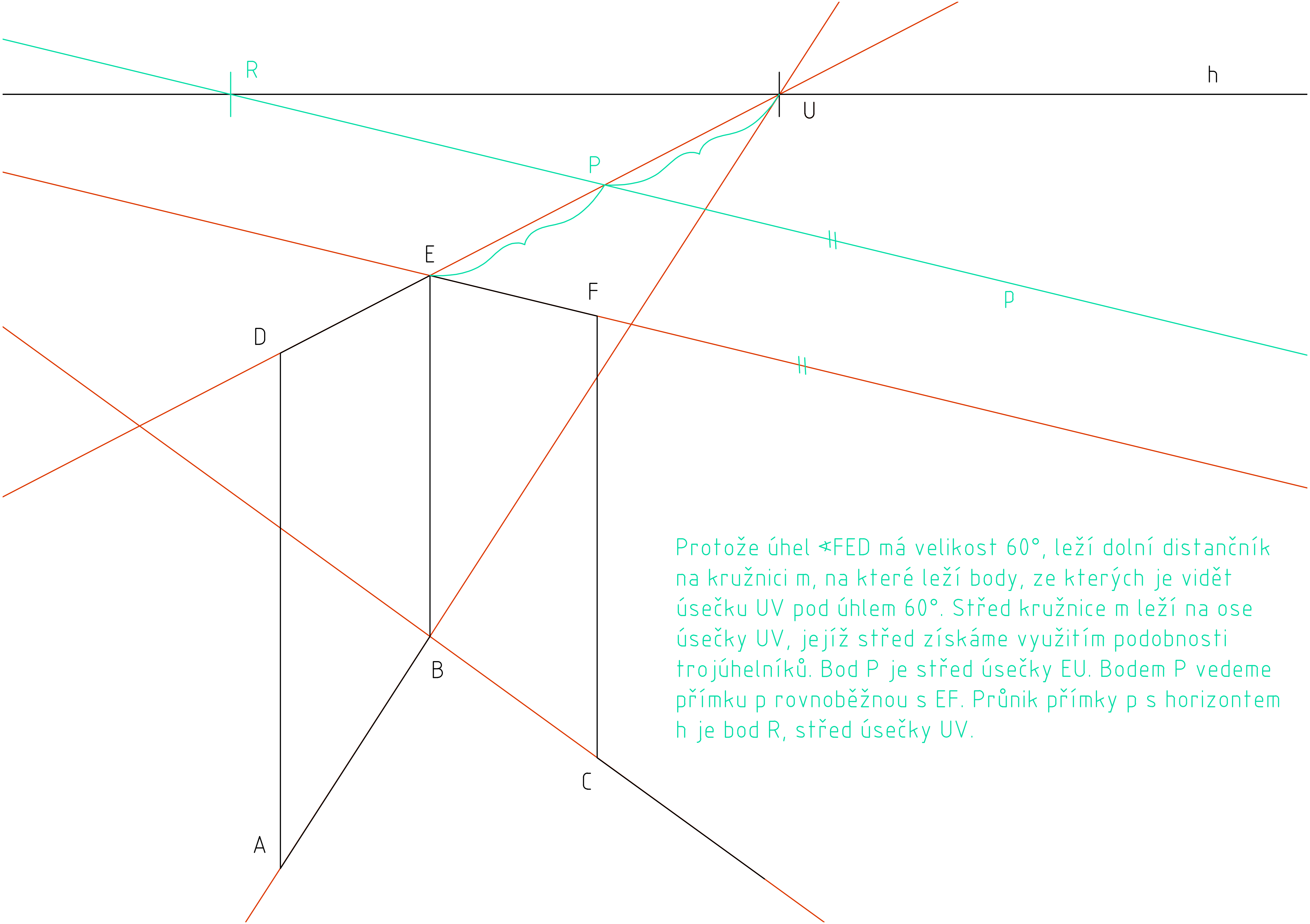
Je dán vodorovný snímek otevřených dveří. Práh leží ve vodorovné rovině. Dveře jsou otevřeny pod úhlem 60°. Proveďte rekonstrukci snímku, tj. určete prvky vnitřní orientace. Základnici zvolte tak, aby procházela bodem F. Dokreslete ostění dveří a jejich práh. Tloušťka zdi je v daném měřítku 1cm.



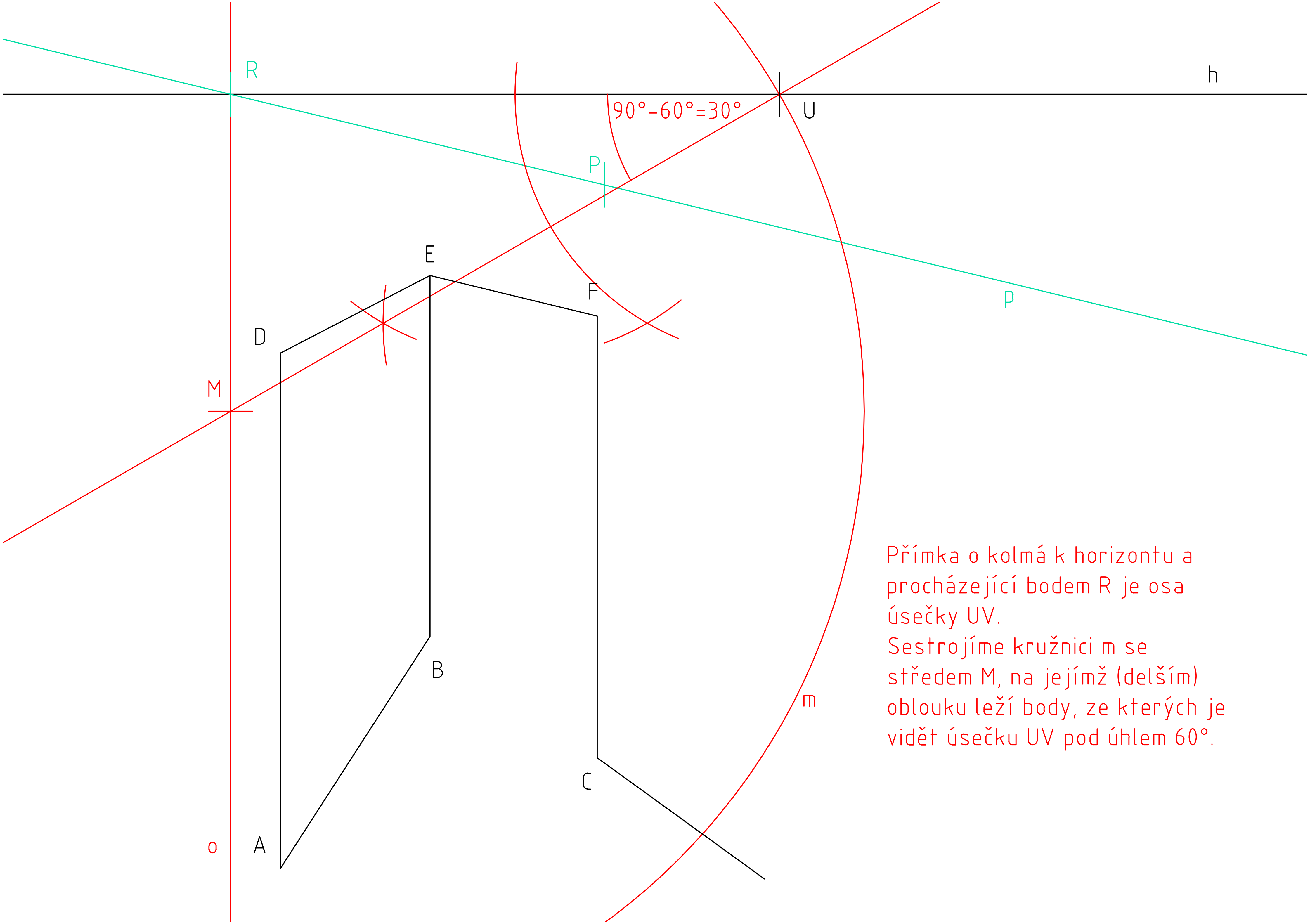
Přímky DE a AB jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek DE a AB je jejich úběžníkem. Označíme jej U.
Přímky BC a EF jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek BC a EF je jejich úběžníkem. Označíme jej V, tento úběžník se nevejde na papír.



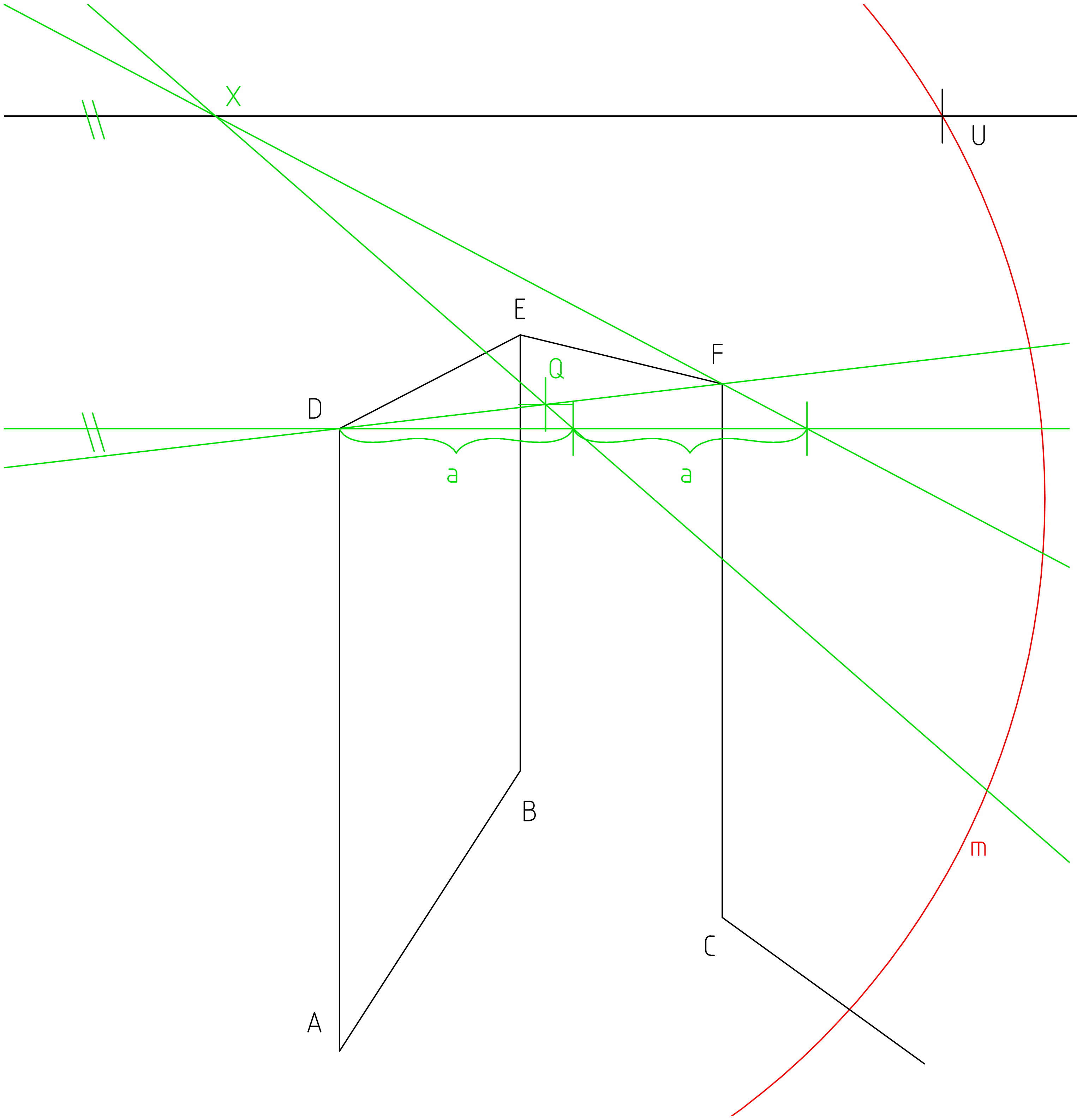
Přímka AB leží v základní rovině, proto její úběžník leží na horizontu.
Horizont je vodorovná přímka, která prochází bodem U.
Přímky AD, BE a CF jsou kolmé k základní rovině, proto jsou jejich průměty kolmé k horizontu.



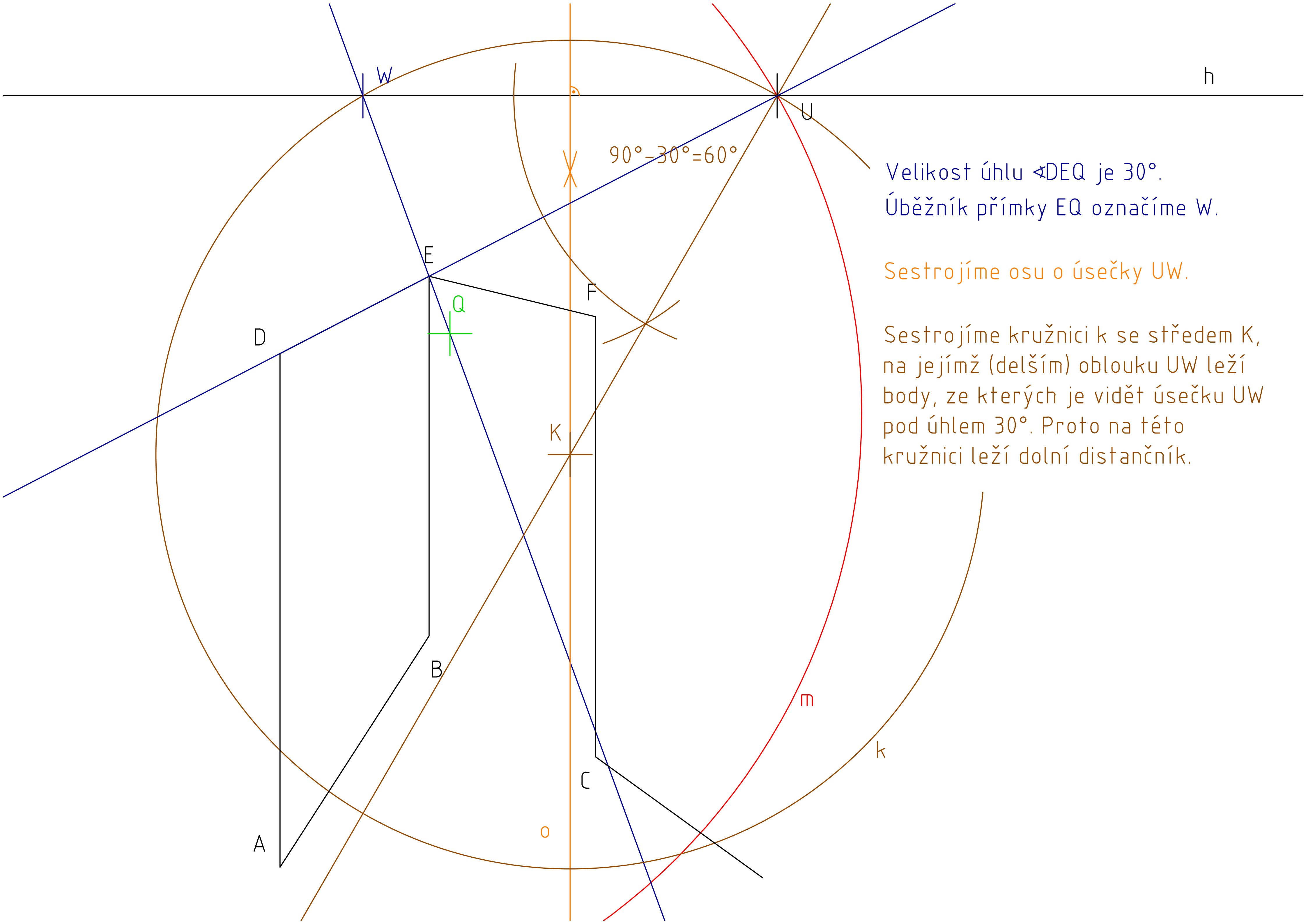
Protože úhel ∢FED má velikost 60°, leží dolní distančník na kružnici m, na které leží body, ze kterých je vidět úsečku UV pod úhlem 60°. Střed kružnice m leží na ose úsečky UV, jejíž střed získáme využitím podobnosti trojúhelníků. Bod P je střed úsečky EU. Bodem P vedeme přímku p rovnoběžnou s EF. Průnik přímky p s horizontem h je bod R, střed úsečky UV.



Přímka o kolmá k horizontu a procházející bodem R je osa úsečky UV.
Sestrojíme kružnici m se středem M, na jejímž (delším) oblouku leží body, ze kterých je vidět úsečku UV pod úhlem 60°.



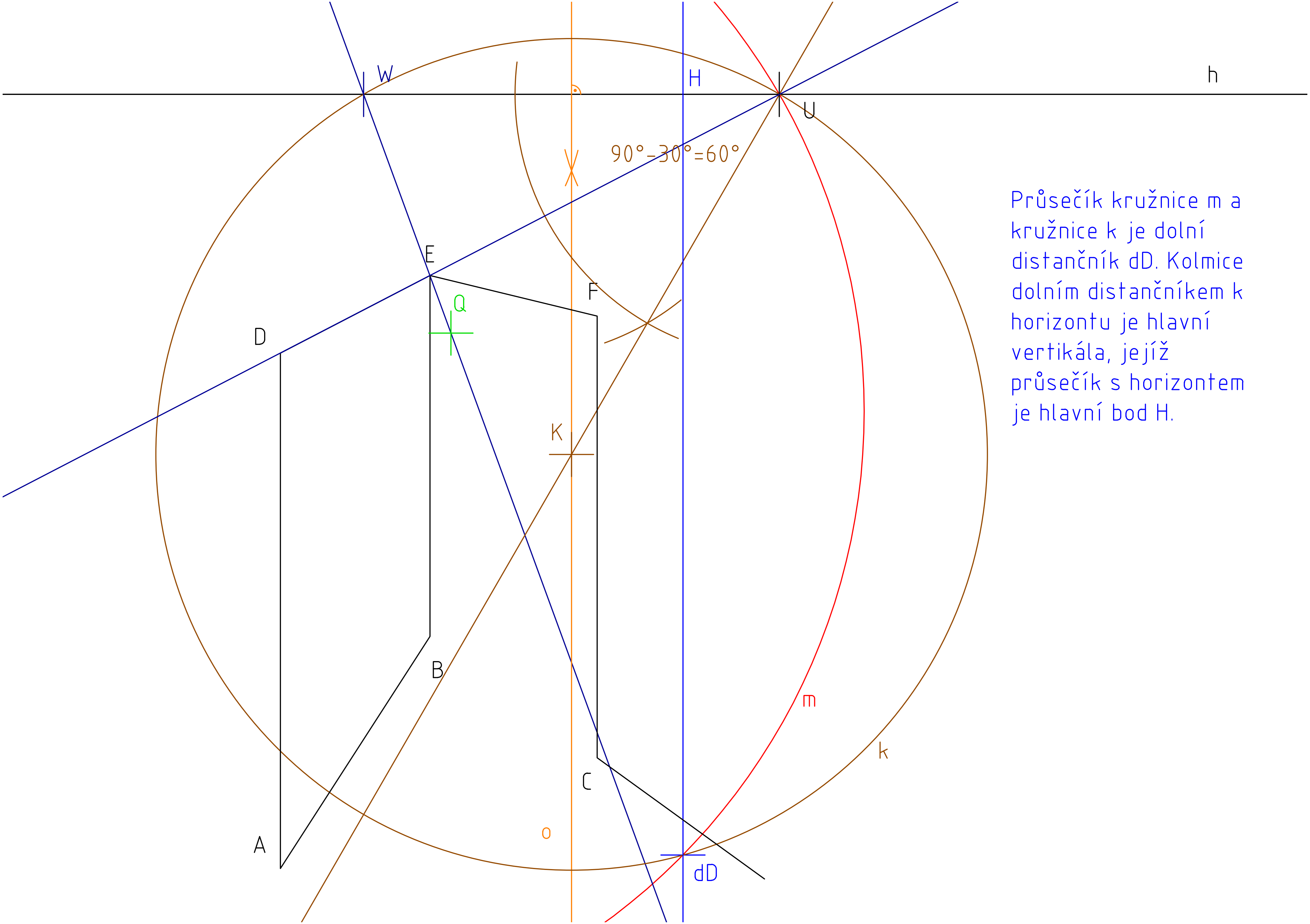
Pro určení dolního distančníku potřebujeme znát další úhel. Může to být úhel v základní rovině (nebo jiné rovině rovnoběžné se základní). Trojúhelník DFE je rovnostranný (|DE|=|EF|; úhel ∢DEF je 60°). Sestrojíme obraz středu Q úsečky DF. Bodem D vedeme rovnoběžku s horizontem a od bodu D vyneseme dva stejně dlouhé úseky. Koncový bod spojíme s bodem F a průsečík této spojnice s horizontem označíme X. Spojnice úběžníku X s koncovým bodem prvního vyneseného úseku protíná úsečku DF v bodě Q.



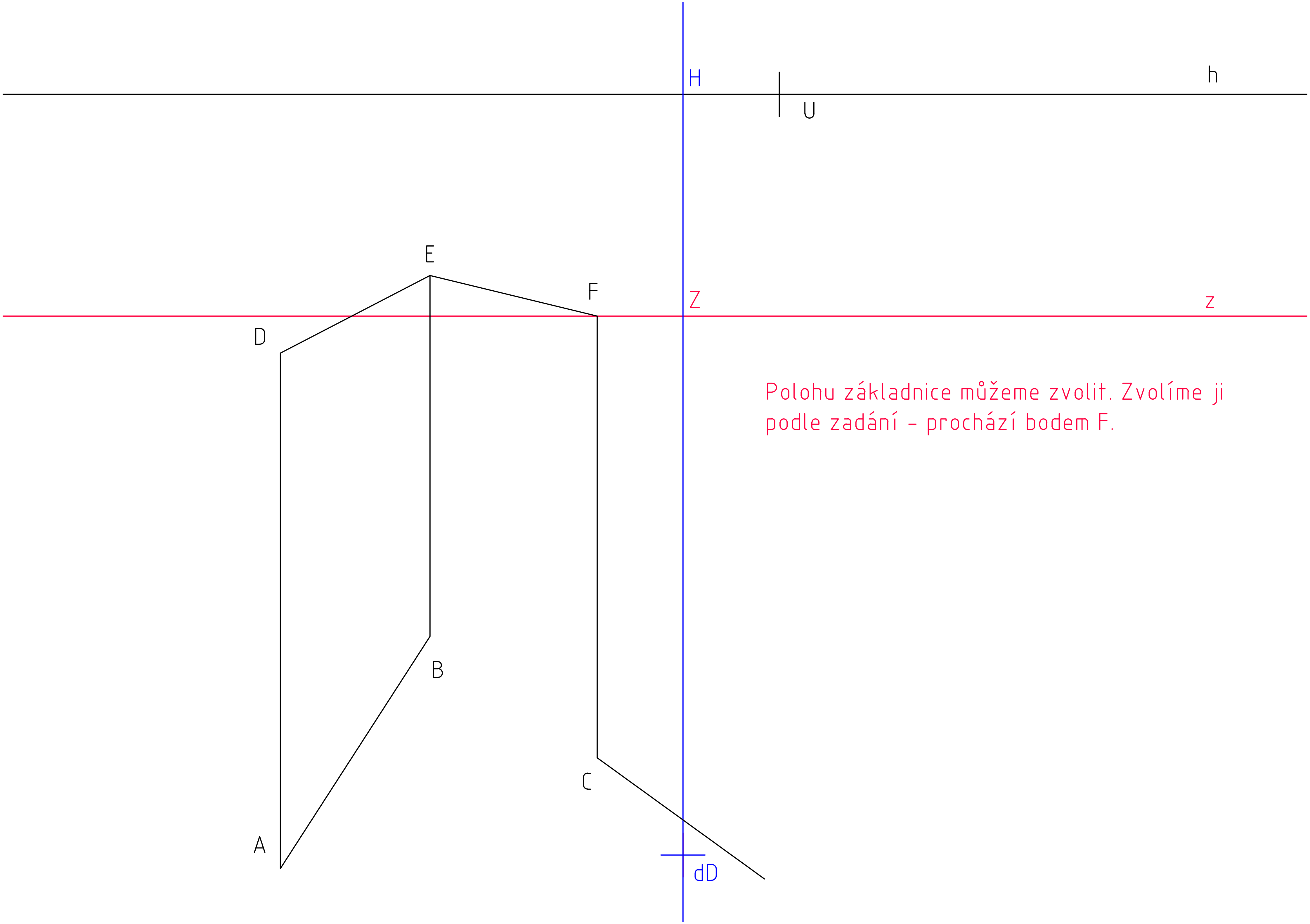
Velikost úhlu ∢DEQ je 30°.
Úběžník přímky EQ označíme W.

Sestrojíme osu o úsečky UW.

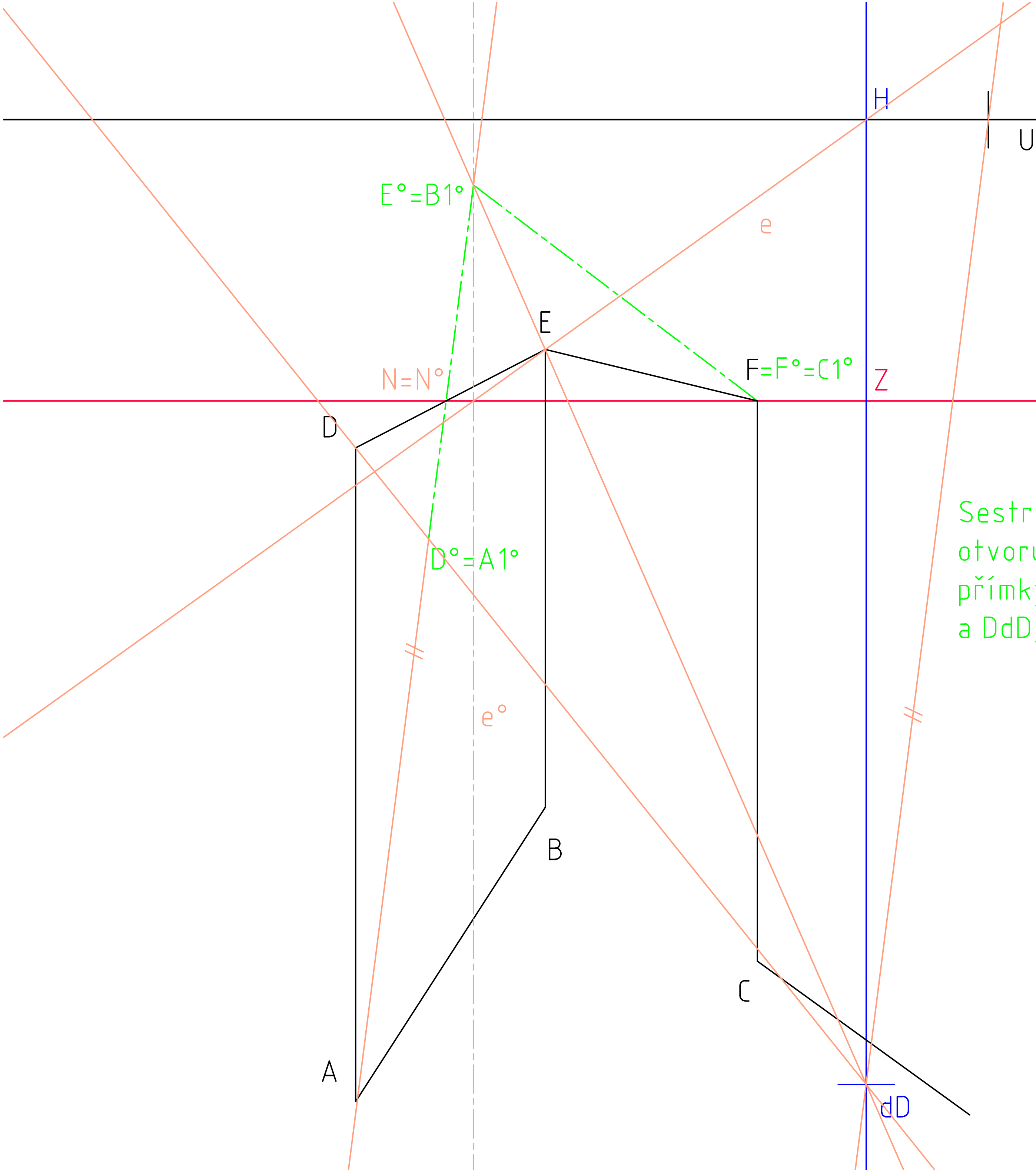
Sestrojíme kružnici k se středem K, na jejímž (delším) oblouku UW leží body, ze kterých je vidět úsečku UW pod úhlem 30°. Proto na této kružnici leží dolní distančník.



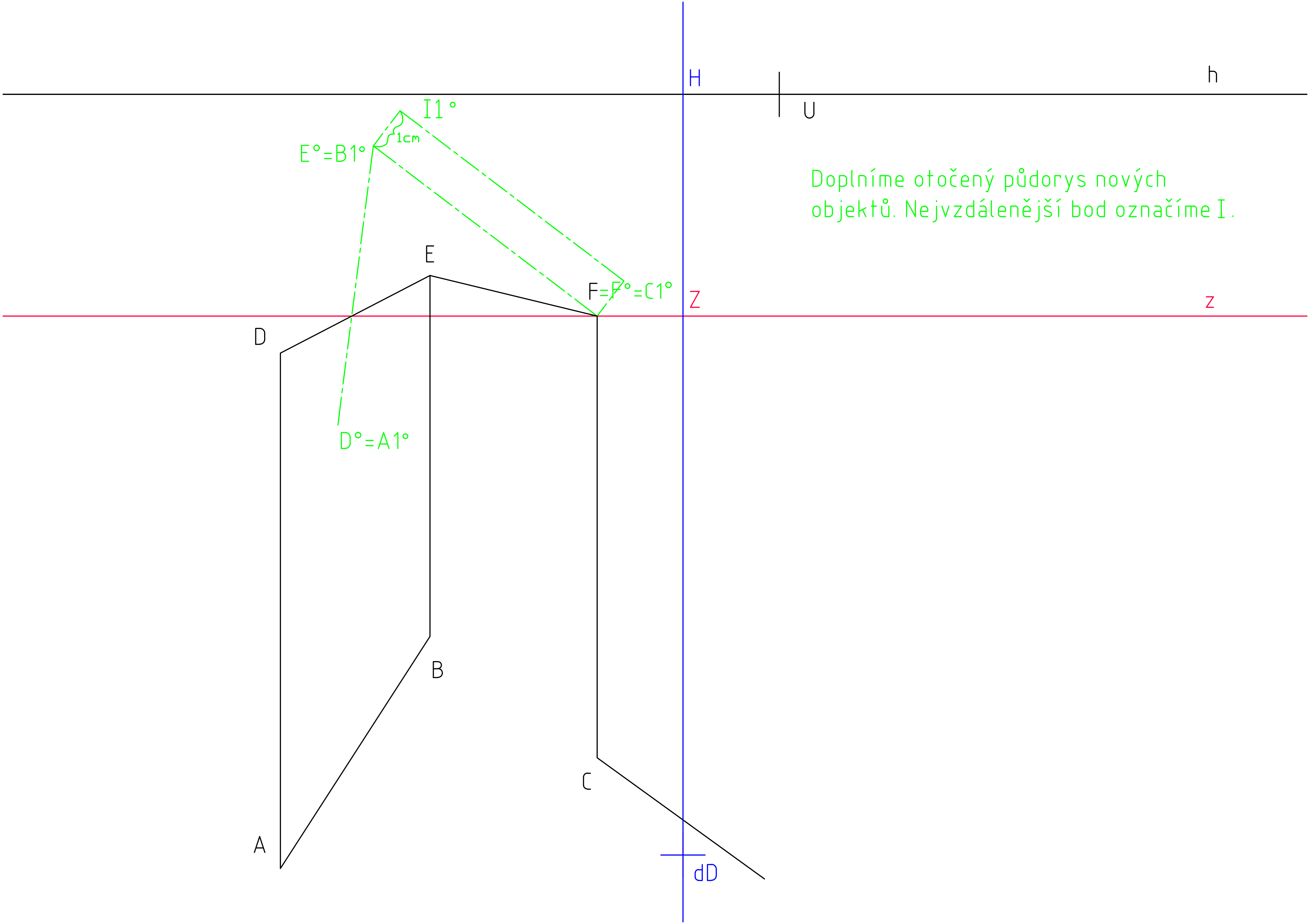
Průsečík kružnice m a kružnice k je dolní distančník dD. Kolmice dolním distančníkem k horizontu je hlavní vertikála, jejíž průsečík s horizontem je hlavní bod H.



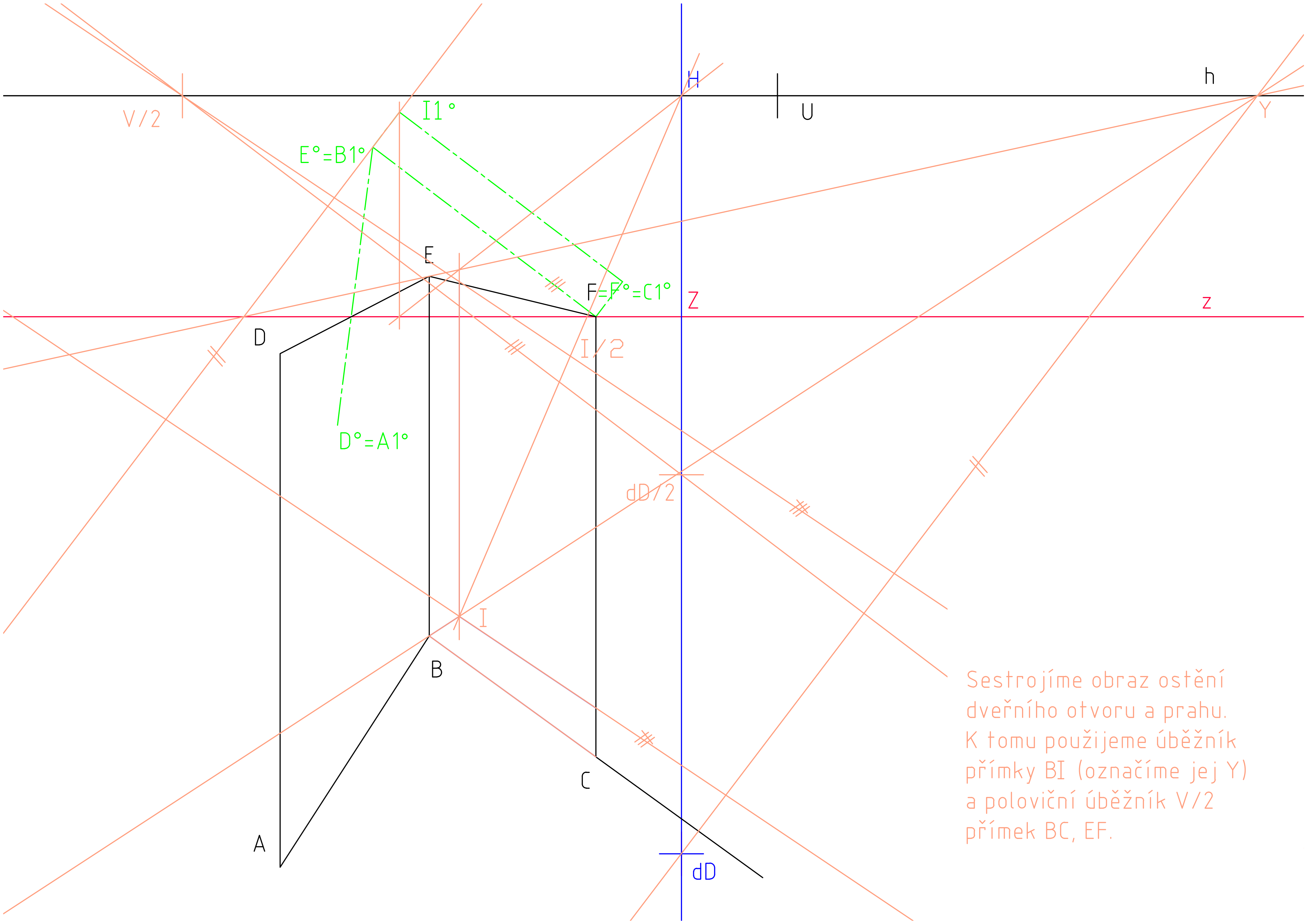
Polohu základnice můžeme zvolit. Zvolíme ji podle zadání – prochází bodem F.



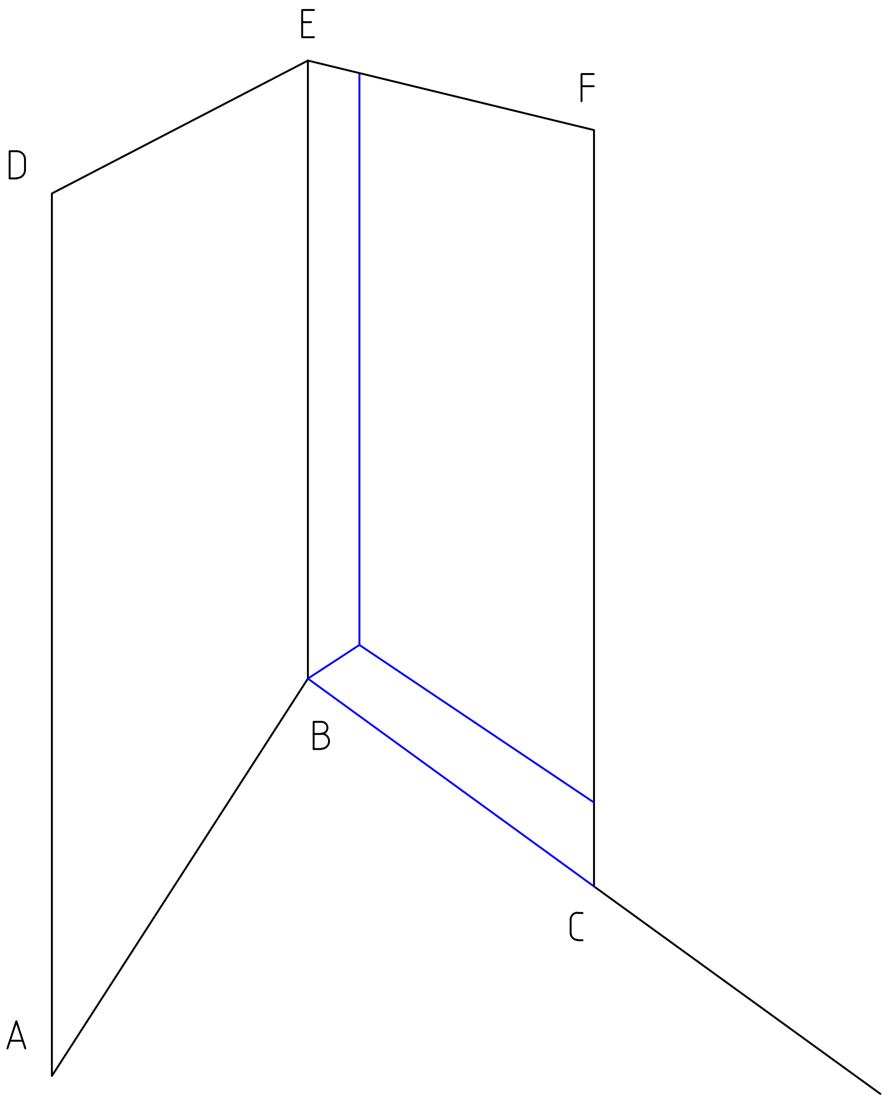
Sestrojíme otočený půdorys dveří a dveřního otvoru. Bod E° sestrojíme pomocí hloubkové přímky e. Bod D° je průsečík přímek E°N a DdD, bod N je stopník přímky ED.



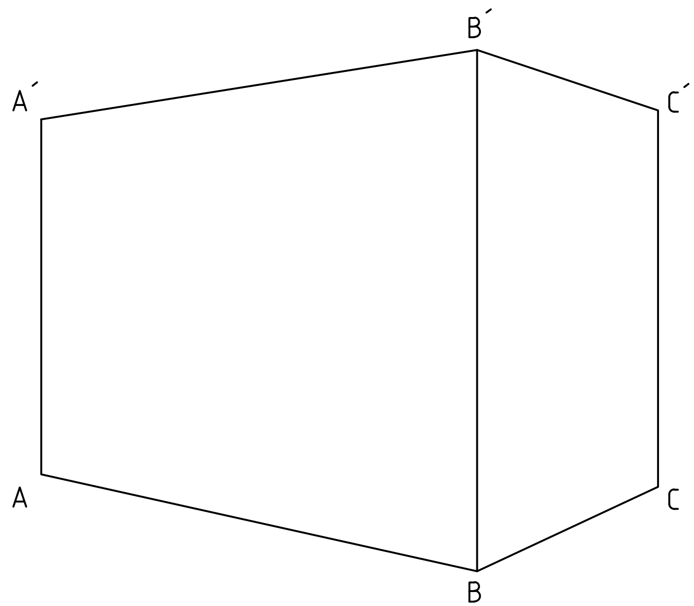
Doplníme otočený půdorys nových objektů. Nejvzdálenější bod označíme I.

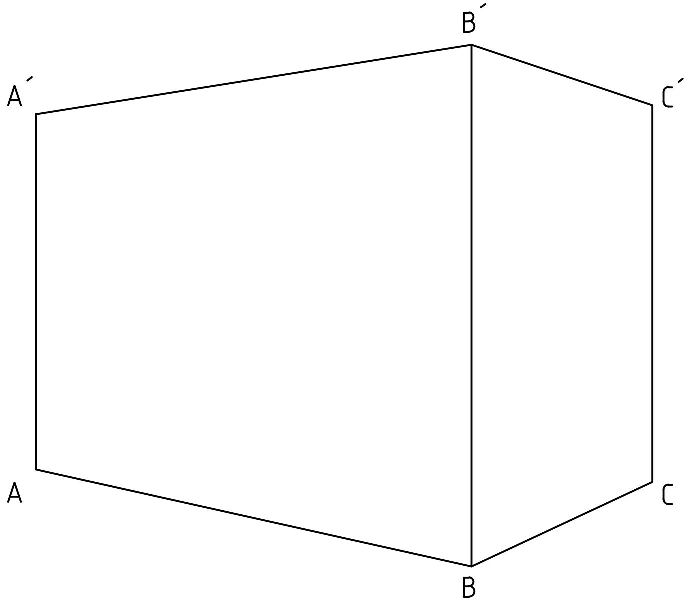


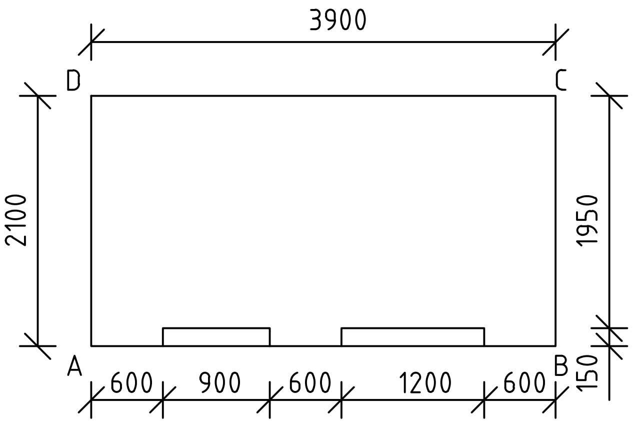
Sestrojíme obraz ostění dveřního otvoru a prahu. K tomu použijeme úběžník přímky BI (označíme jej Y) a poloviční úběžník V/2 přímek BC, EF.



E
F
D
B
C
A


B´
A´
C´
A
C
B



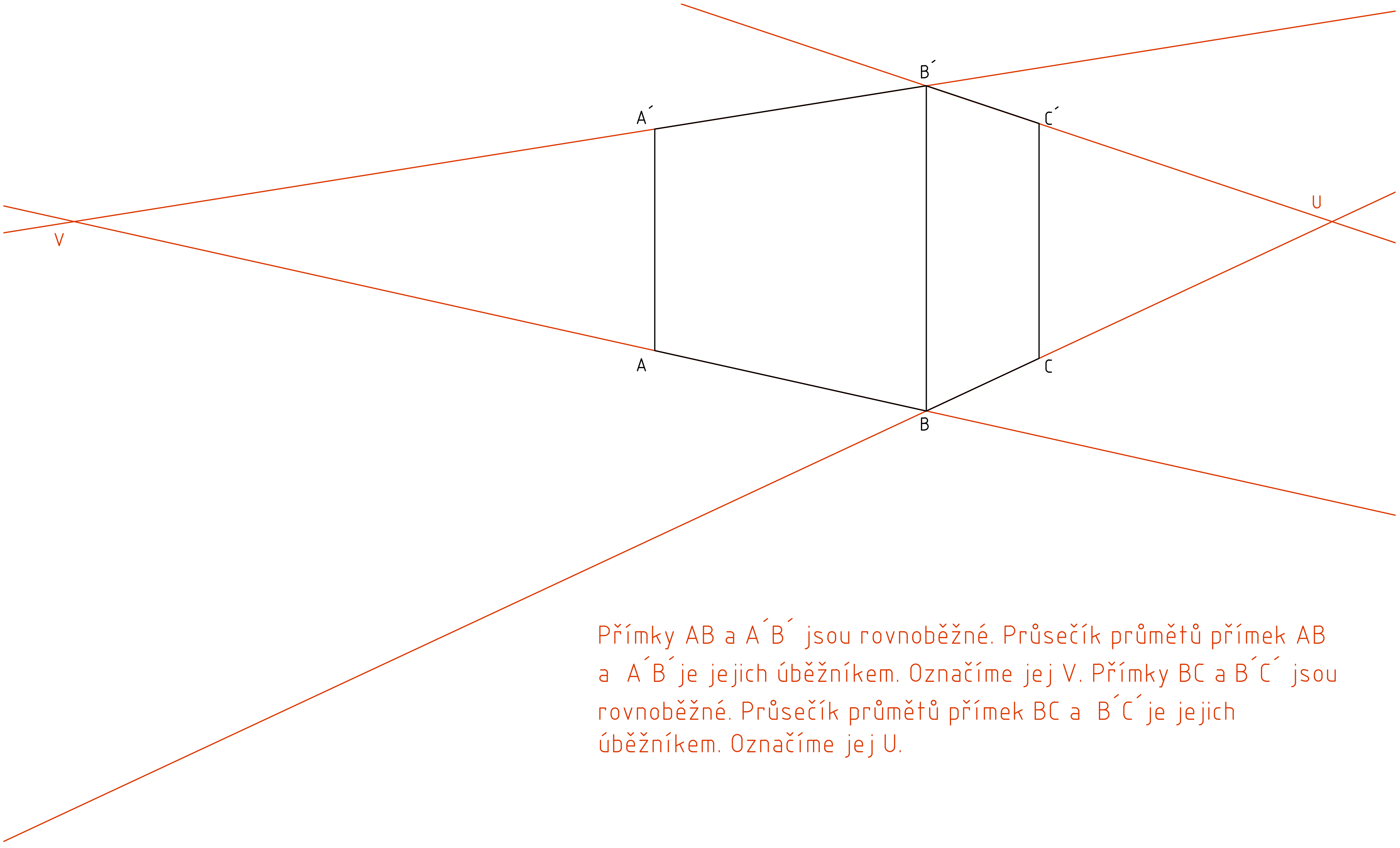


A4 na šířku

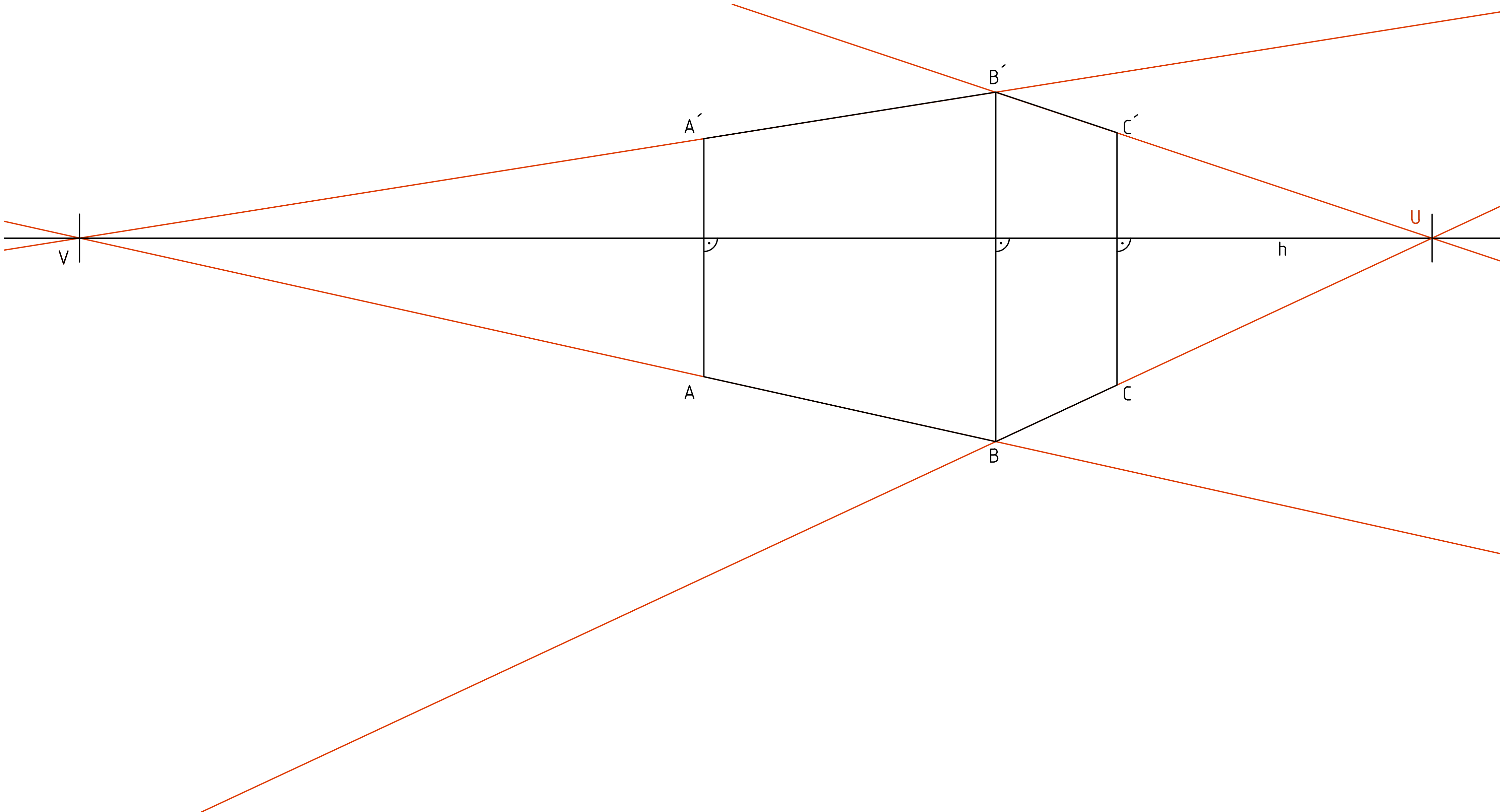
Fotogrammetrie

Zadání je předtištěno na předchozí straně.

Je dán vodorovný snímek kvádru, jehož dolní podstava leží v základní rovině. Určete prvky vnitřní orientace a sestrojte otočený půdorys podstavy kvádru. Otočený půdorys sestrojte v měřítku 1:30. Dále zobrazte okno a dveře dle zadání. Šířka dveří je 900mm, šířka okna 1200mm. Výška nadpraží obou otvorů je 2100mm. Výška prahu dveří je 0mm, výška parapetu okna je 1050mm.

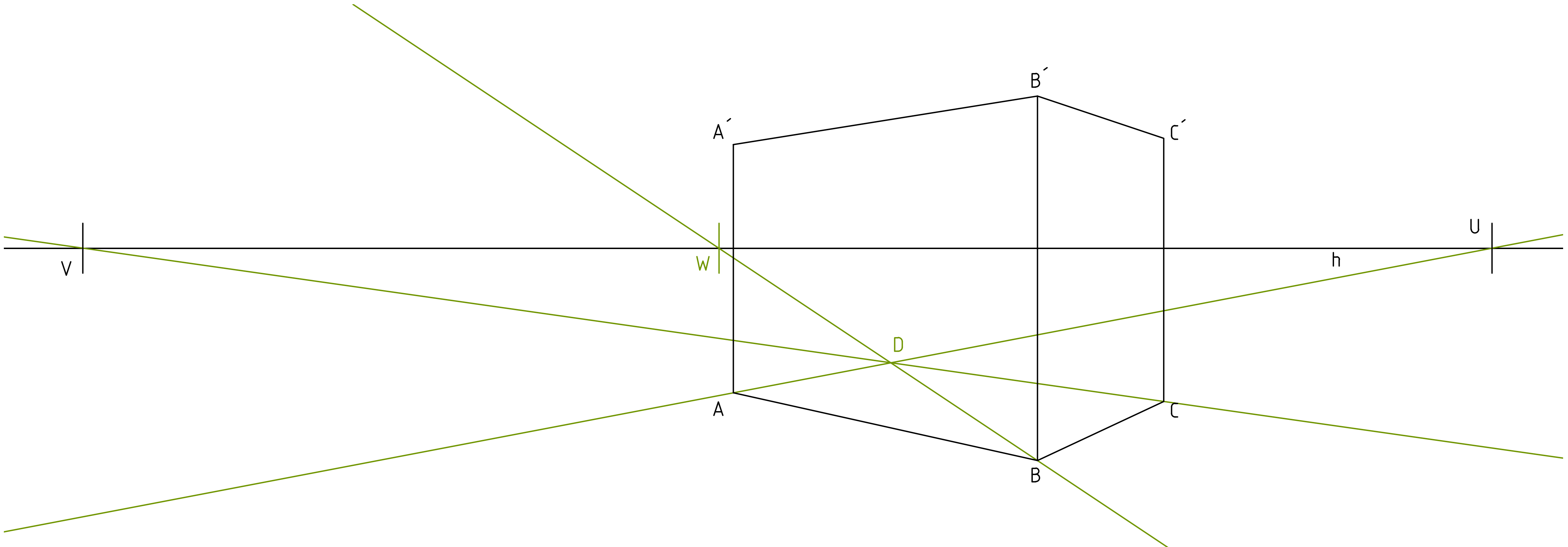


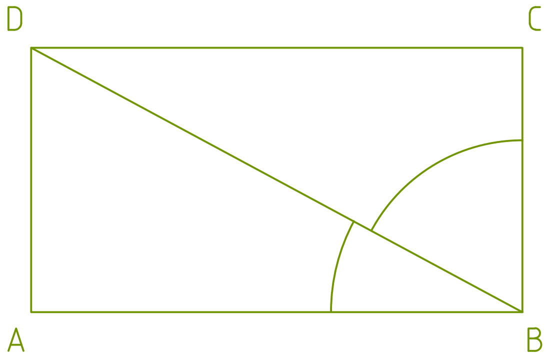
Přímky AB a A´B´ jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek AB a A´B´ je jejich úběžníkem. Označíme jej V. Přímky BC a B´C´ jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek BC a B´C´ je jejich úběžníkem. Označíme jej U.



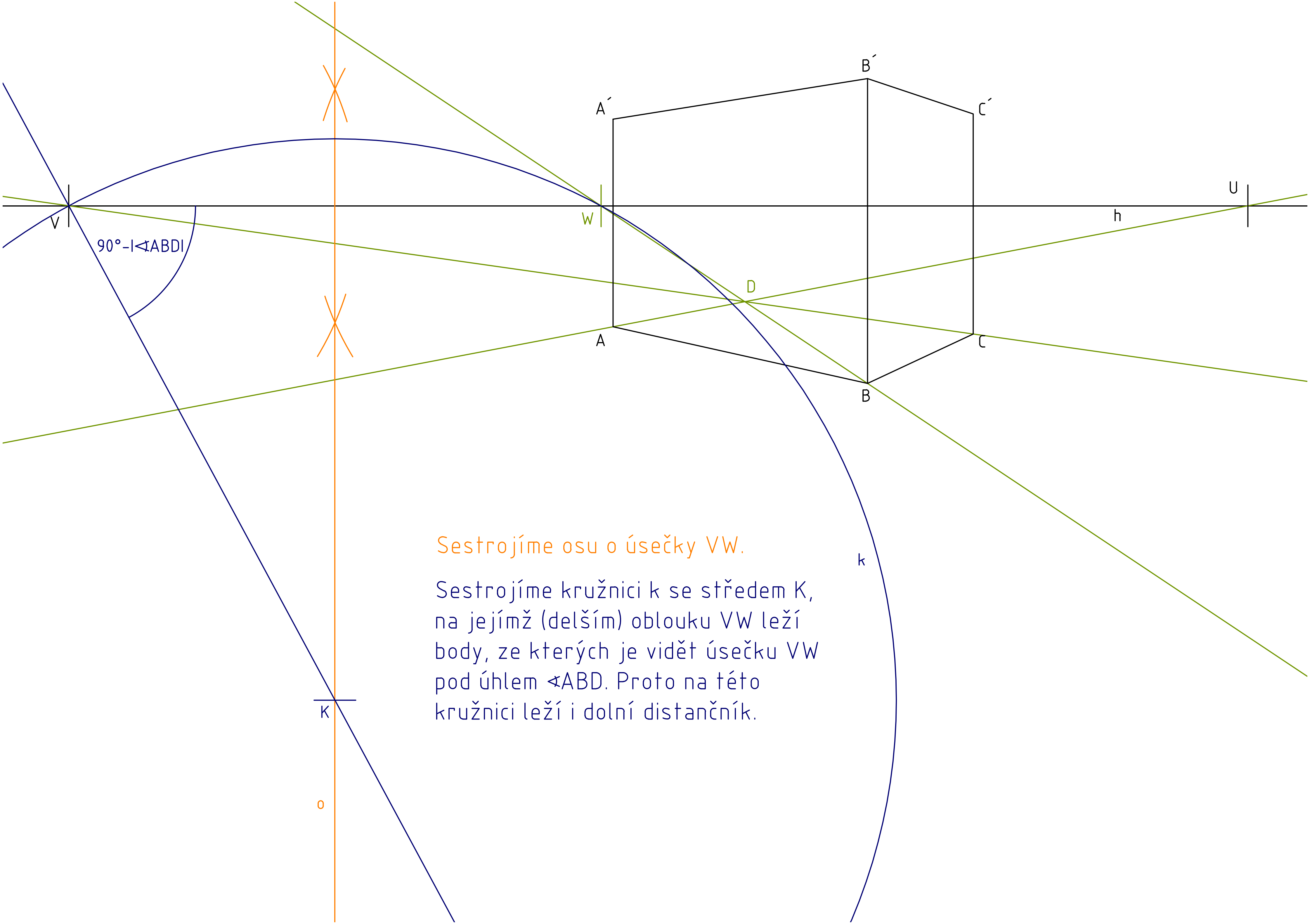
Přímky AB a BC leží v základní rovině, proto jejich úběžníky leží na horizontu.
Horizont vznikne spojením úběžníků U a V.

Přímky AA´, BB´ a CC´ jsou kolmé k základní rovině, proto jsou jejich průměty kolmé k horizontu.



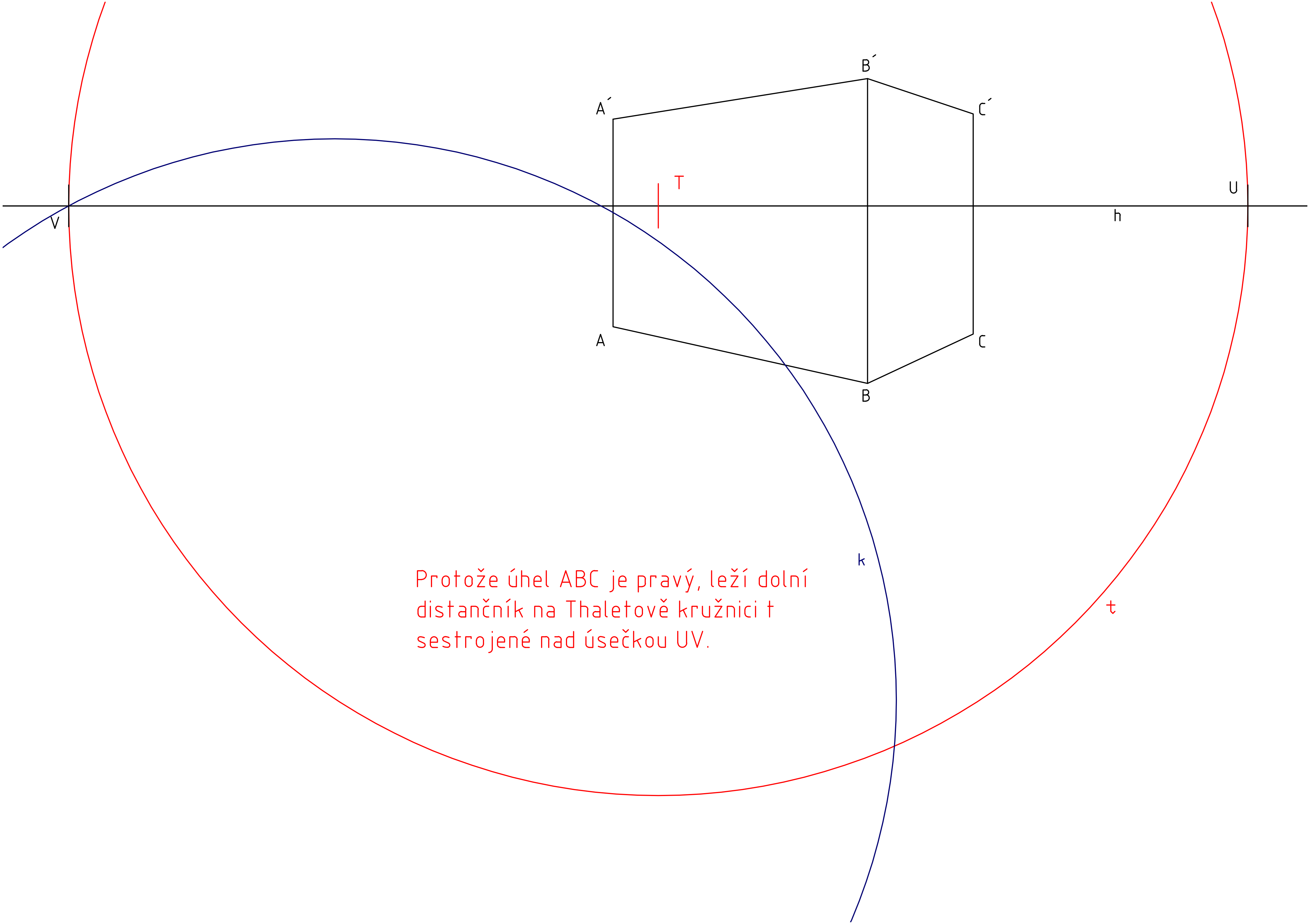


Pro určení dolního distančníku potřebujeme znát dva úhly. Jeden z nich je ∢ABC, |∢ABC|=90°. Vzhledem k tomu, že známe rozměry obdélníka ABCD, známe úhly ∢ABD a ∢DBC. Tyto úhly zjistíme v pomocném obrázku. Poměr stran obdélníka musí být $\frac{3900}{2100} = \frac{13}{7}$, zde jsme zvolili |AB|=65mm a |BC|=35mm.

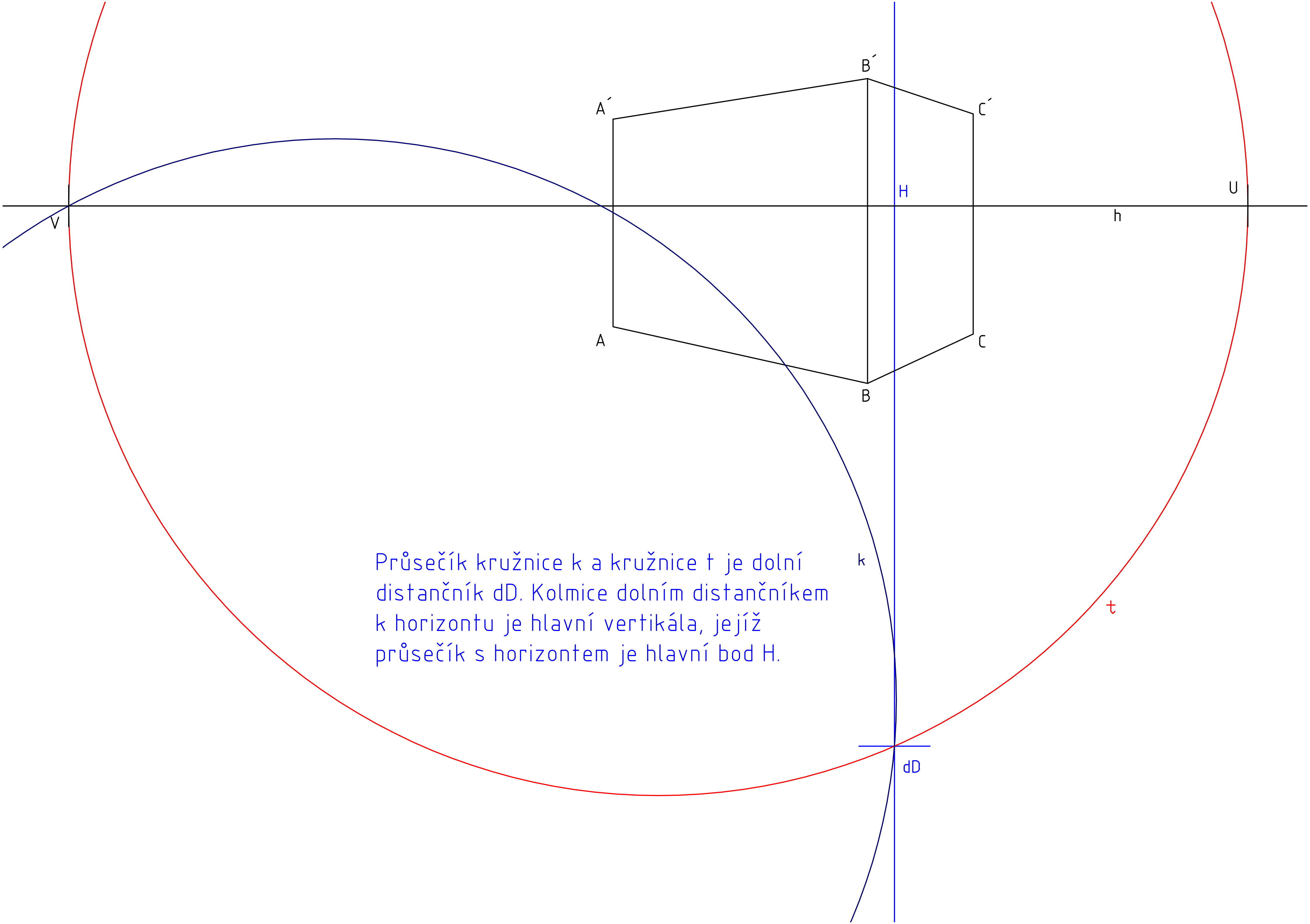


Sestrojíme osu o úsečky VW.

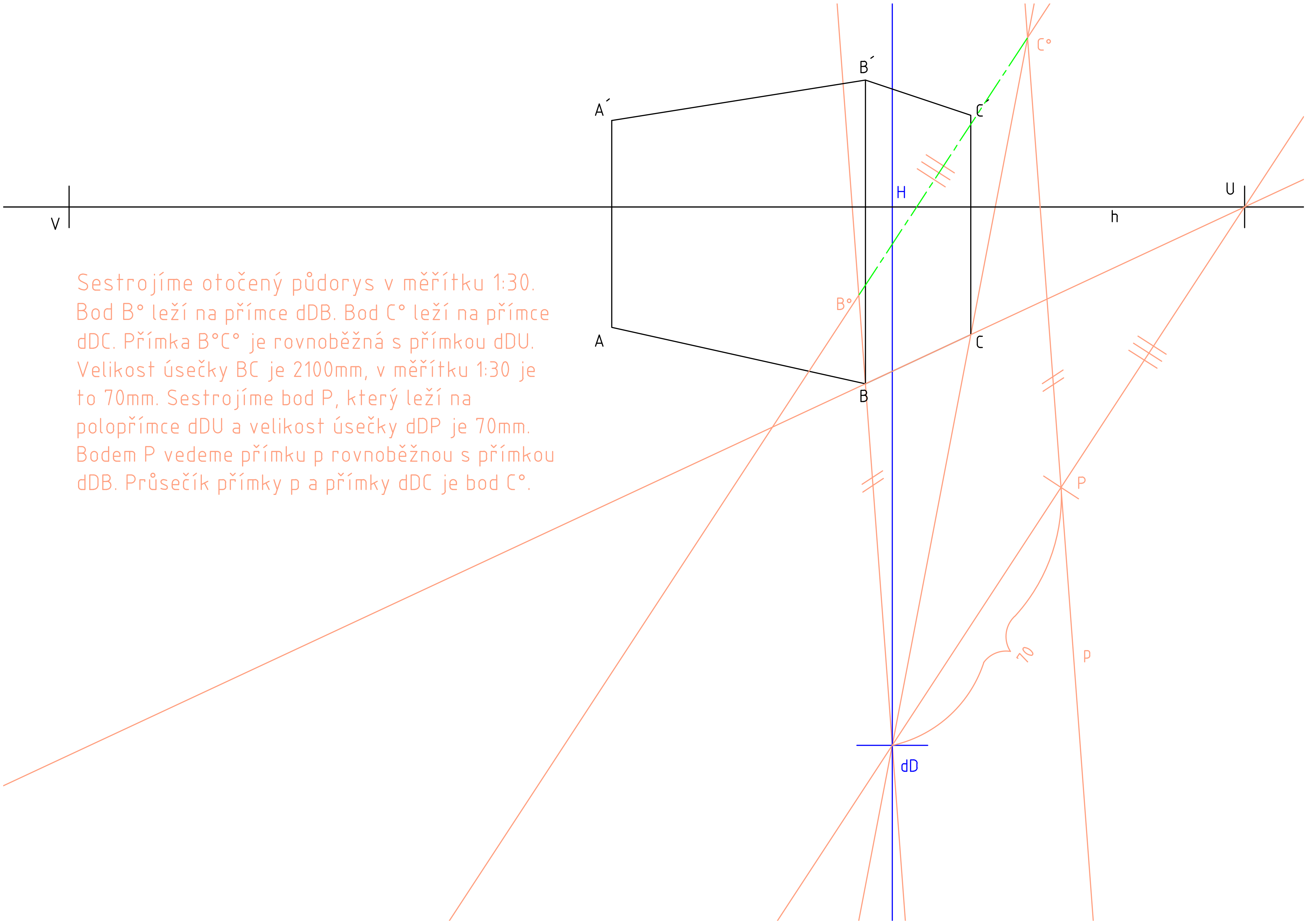
Sestrojíme kružnici k se středem K, na jejímž (delším) oblouku VW leží body, ze kterých je vidět úsečku VW pod úhlem ∢ABD. Proto na této kružnici leží i dolní distančník.



Protože úhel ABC je pravý, leží dolní distančník na Thaletově kružnici t sestrojené nad úsečkou UV.

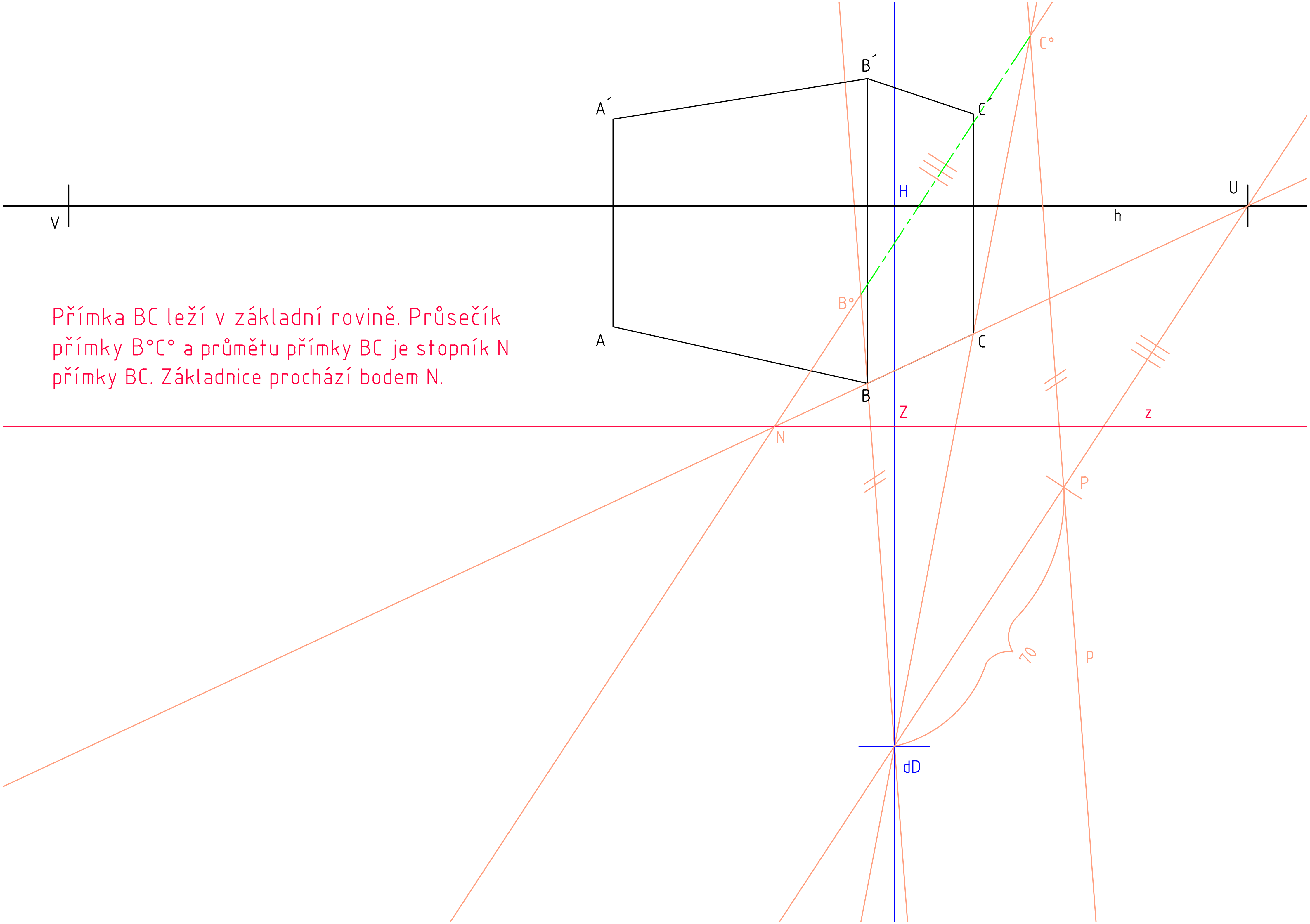


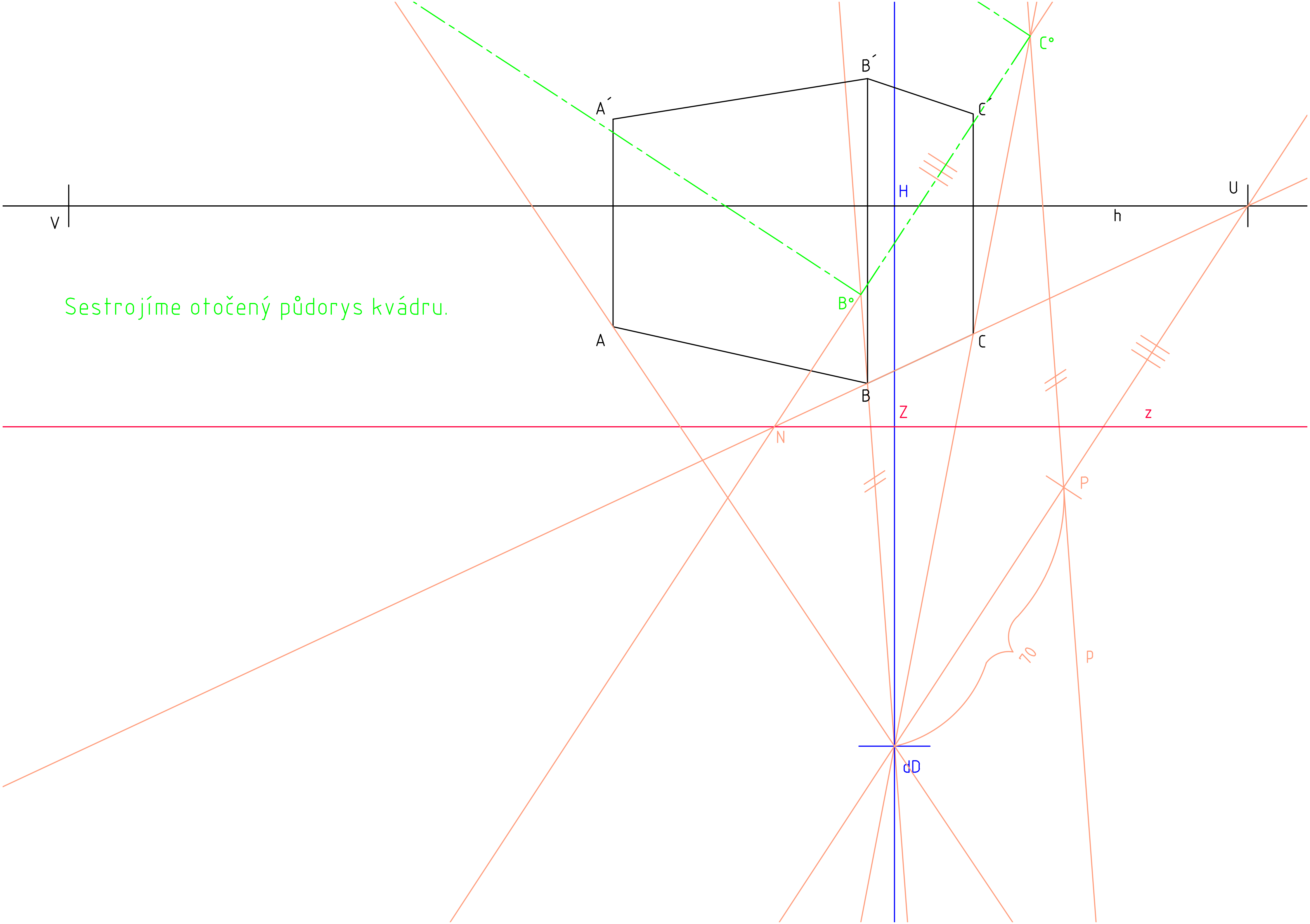
Průsečík kružnice k a kružnice t je dolní distančník dD. Kolmice dolním distančníkem k horizontu je hlavní vertikála, jejíž průsečík s horizontem je hlavní bod H.



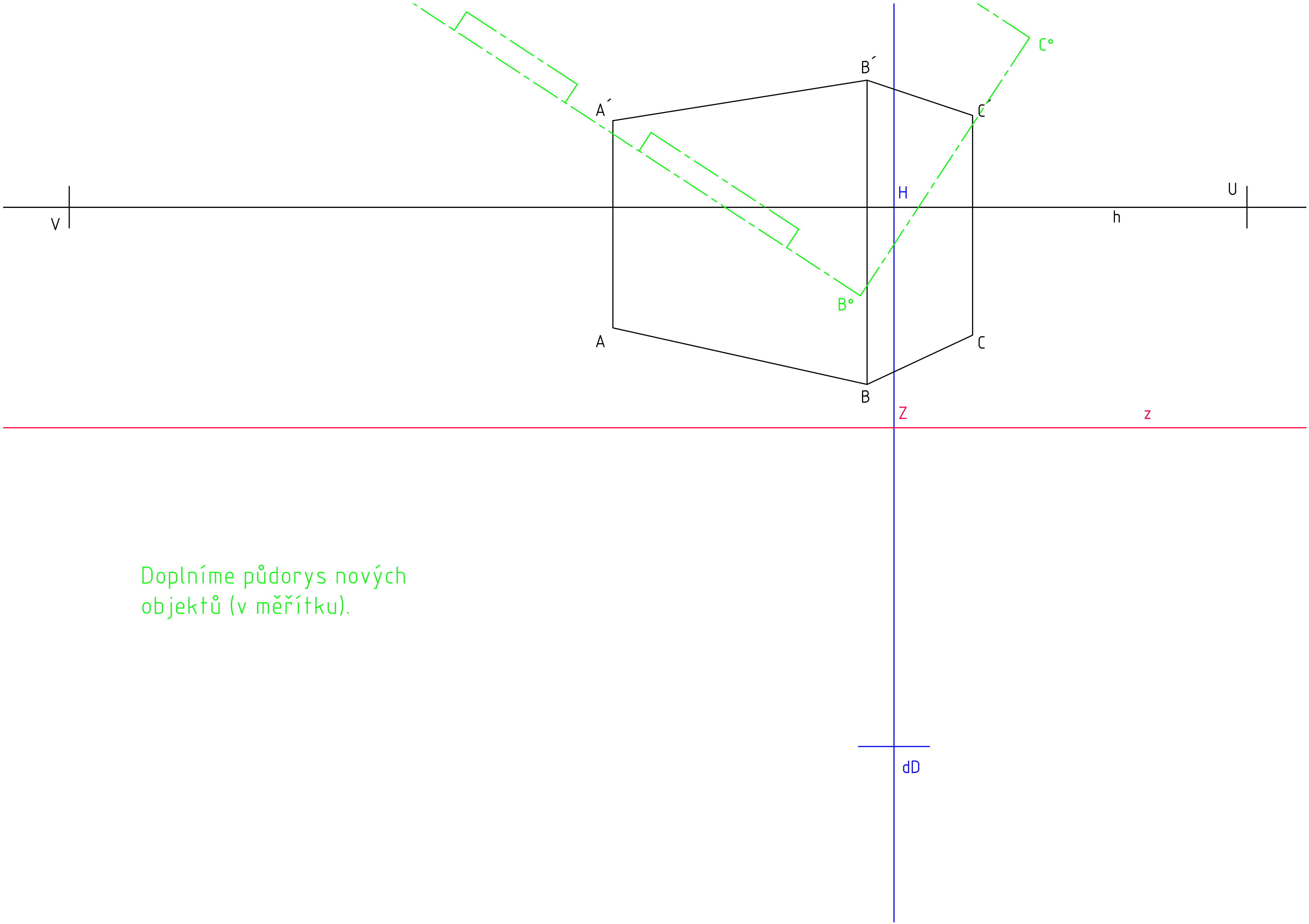
Sestrojíme otočený půdorys v měřítku 1:30. Bod B° leží na přímce dDB. Bod C° leží na přímce dDC. Přímka B°C° je rovnoběžná s přímkou dDU. Velikost úsečky BC je 2100mm, v měřítku 1:30 je to 70mm. Sestrojíme bod P, který leží na polopřímce dDU a velikost úsečky dDP je 70mm. Bodem P vedeme přímku p rovnoběžnou s přímkou dDB. Průsečík přímky p a přímky dDC je bod C°.

Přímka BC leží v základní rovině. Průsečík přímky B°C° a průmětu přímky BC je stopník N přímky BC. Základnice prochází bodem N.

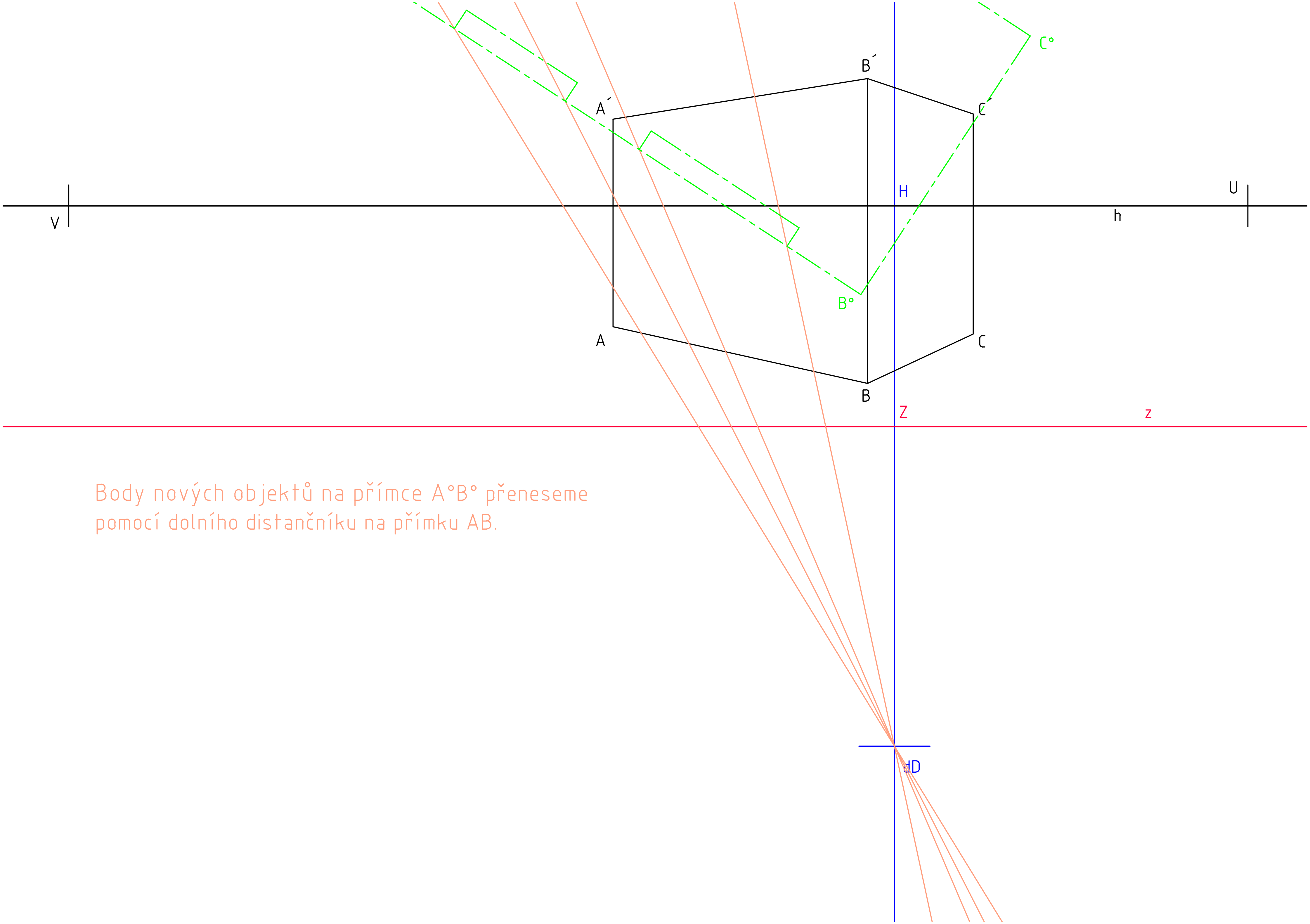




Sestrojíme otočený půdorys kvádru.

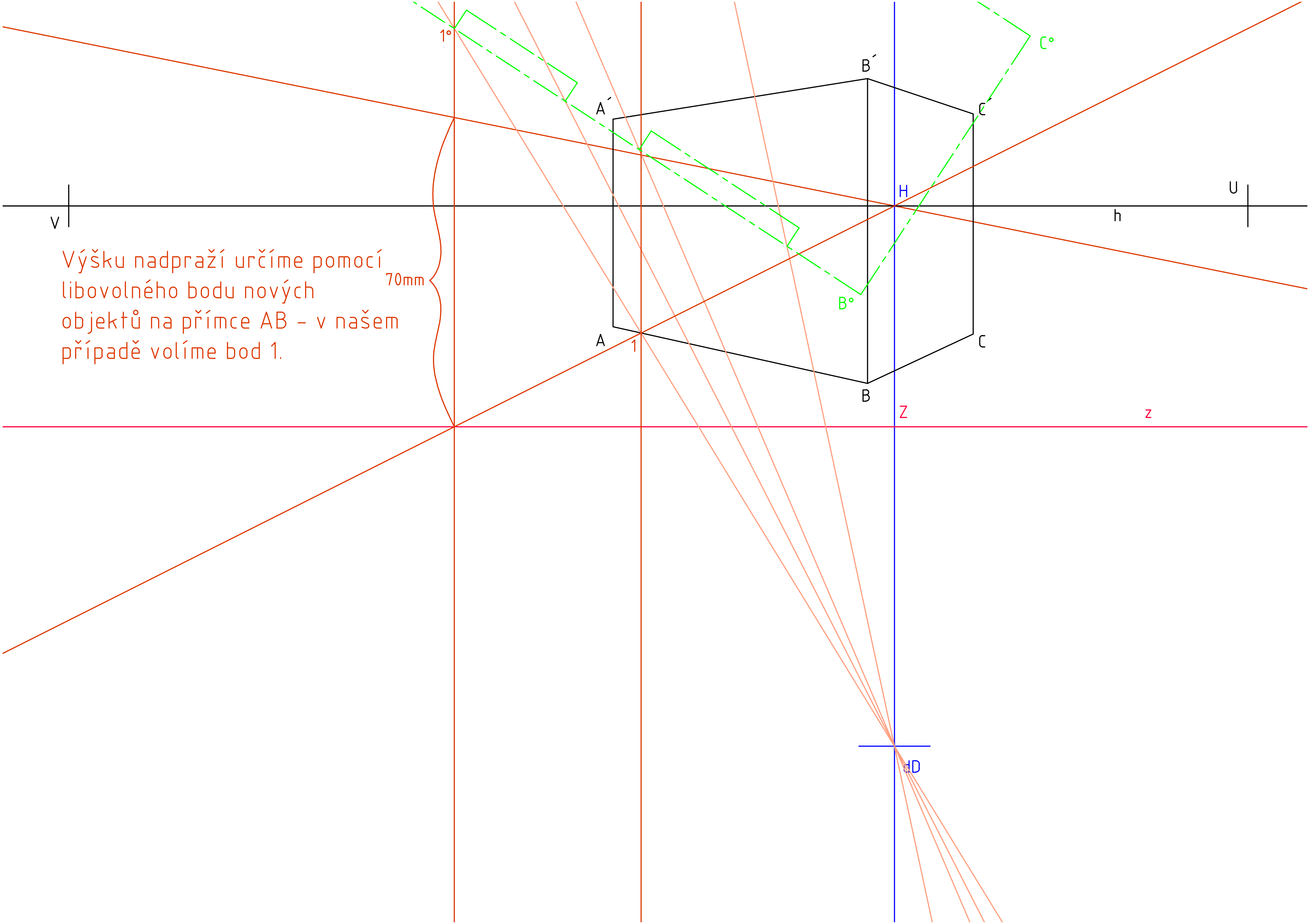


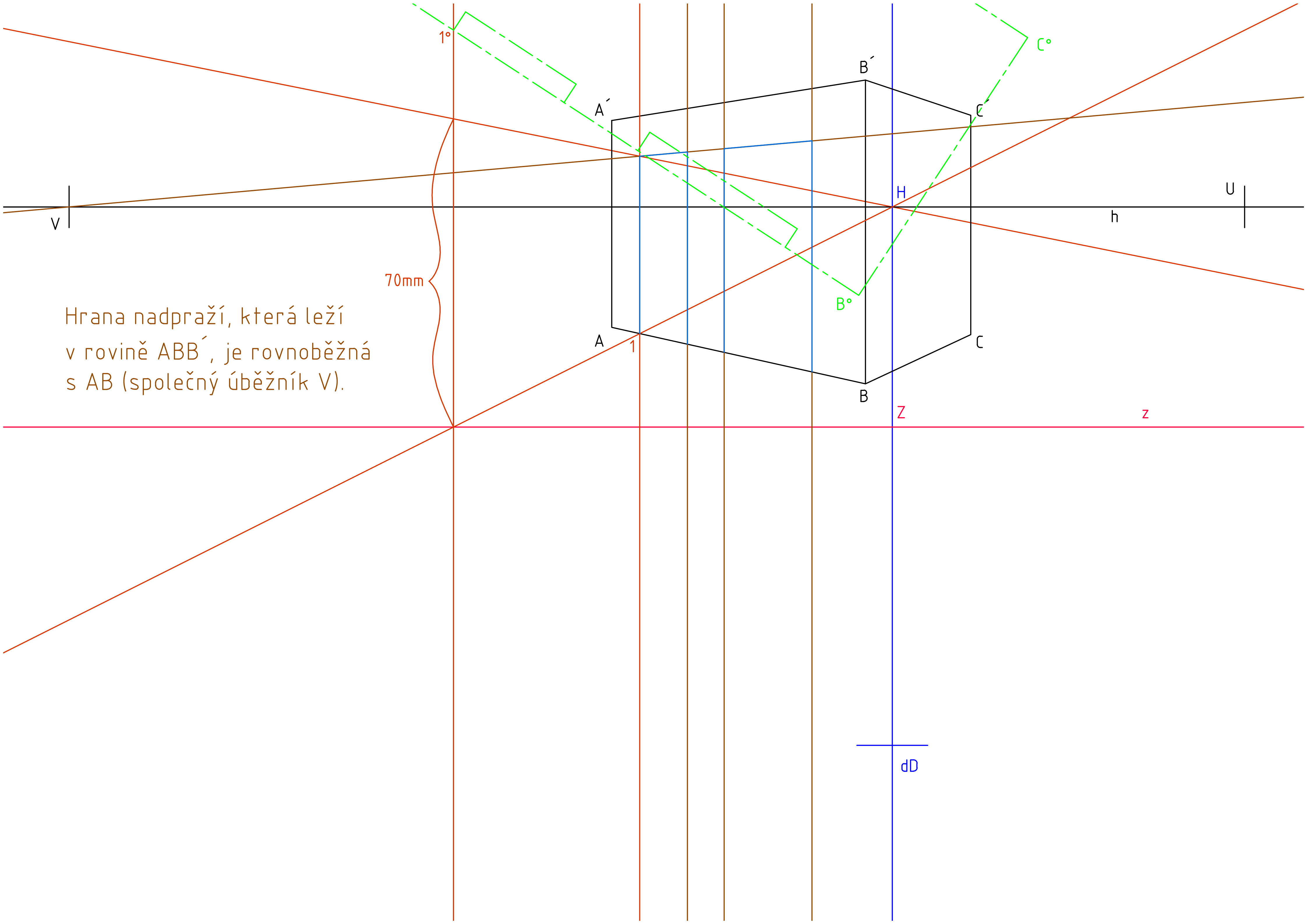
Doplníme půdorys nových
objektů (v měřítku).



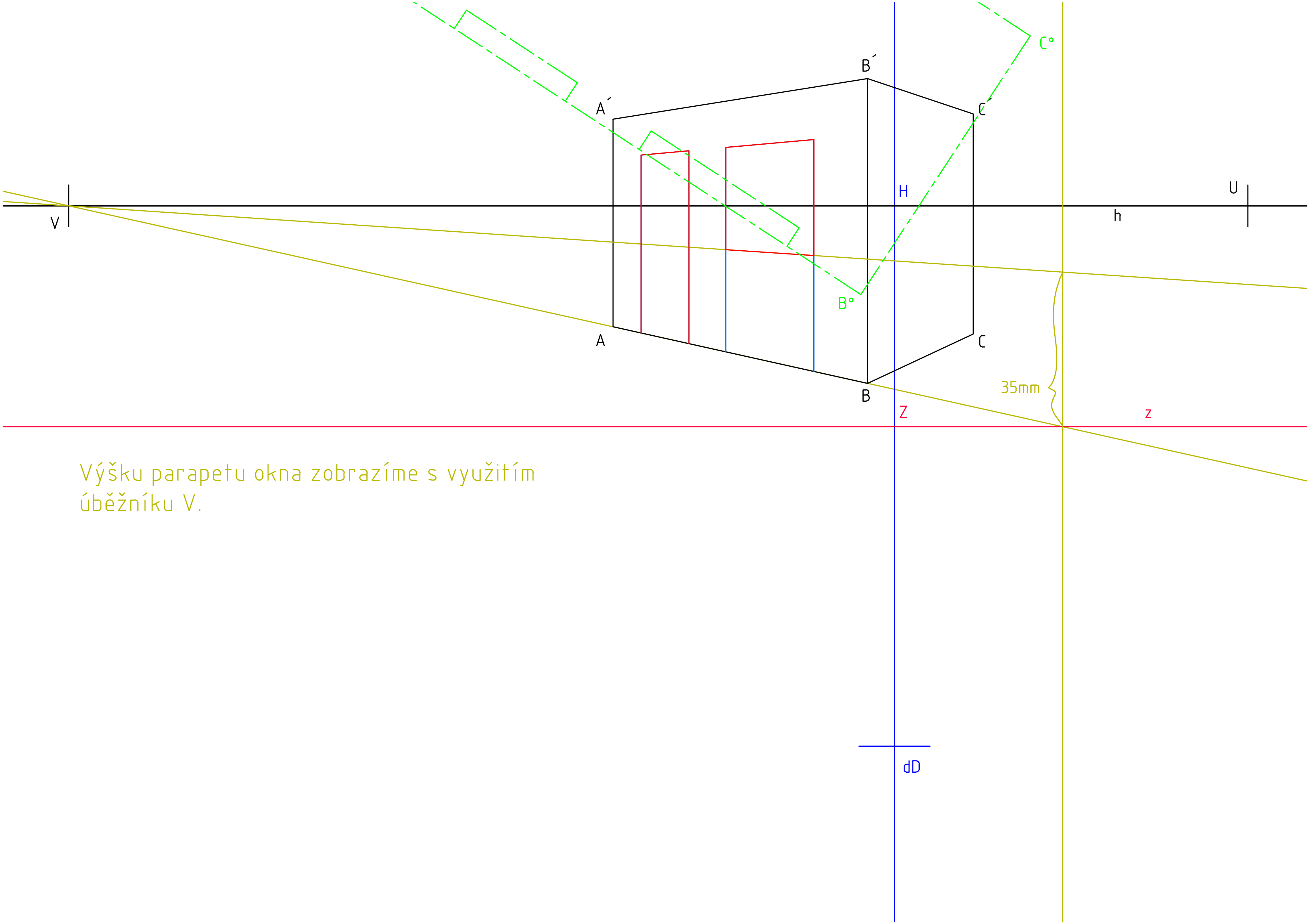
Body nových objektů na přímce A°B° přeneseme pomocí dolního distančníku na přímku AB.

Výšku nadpraží určíme pomocí libovolného bodu nových objektů na přímce AB – v našem případě volíme bod 1.

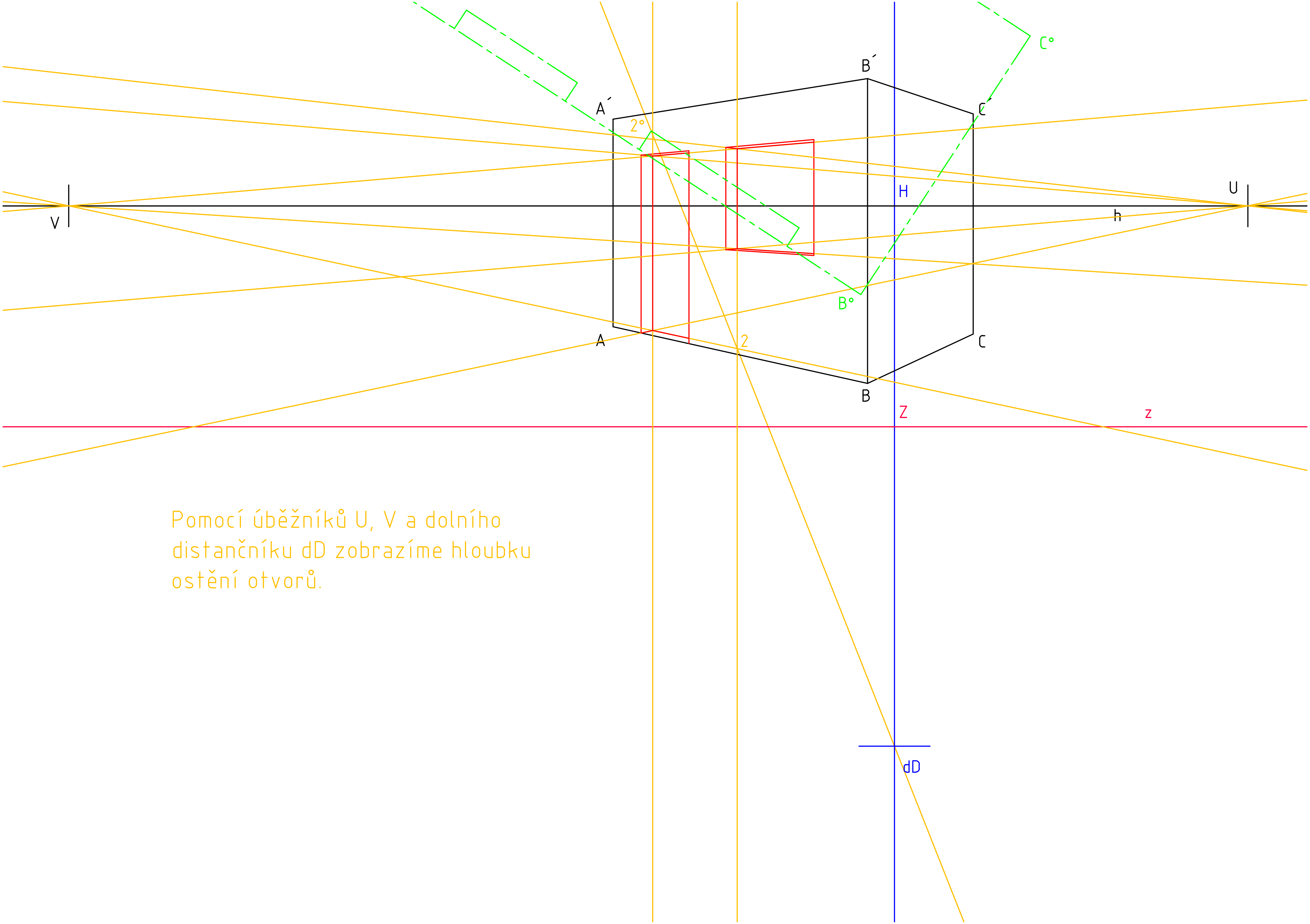




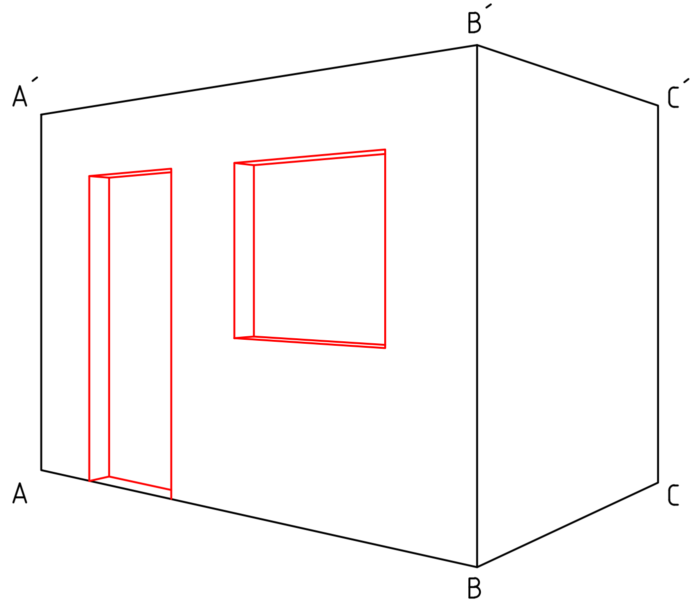
Hrana nadpraží, která leží
v rovině ABB´, je rovnoběžná
s AB (společný úběžník V).



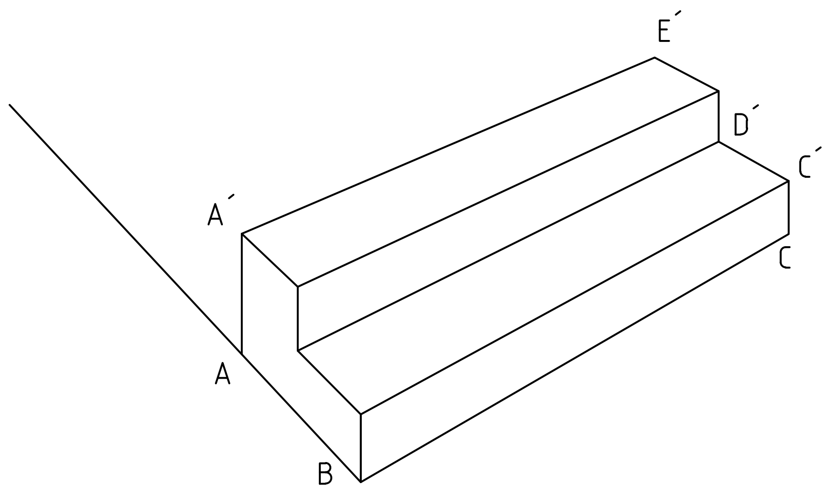
Výšku parapetu okna zobrazíme s využitím úběžníku V.



Pomocí úběžníků U, V a dolního distančníku dD zobrazíme hloubku ostění otvorů.



B´
A´
C´
A
C
B

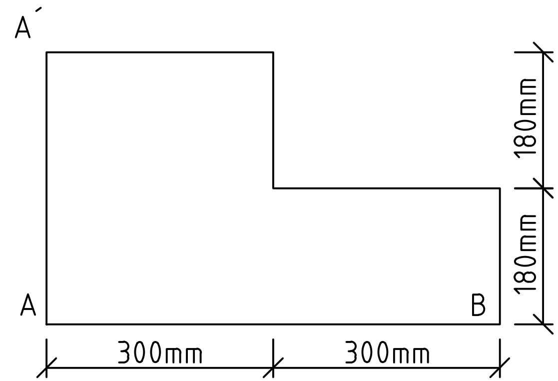

E´
D´
C´
A´
C
A
B

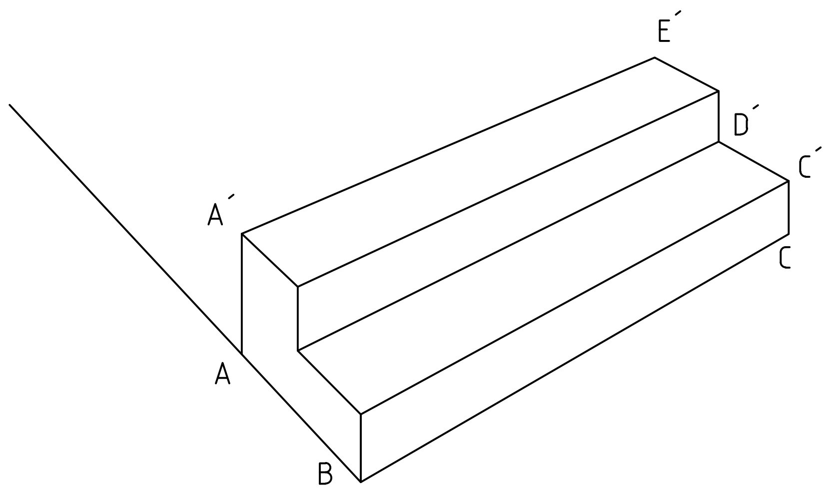
A4 na šířku

Fotogrammetrie

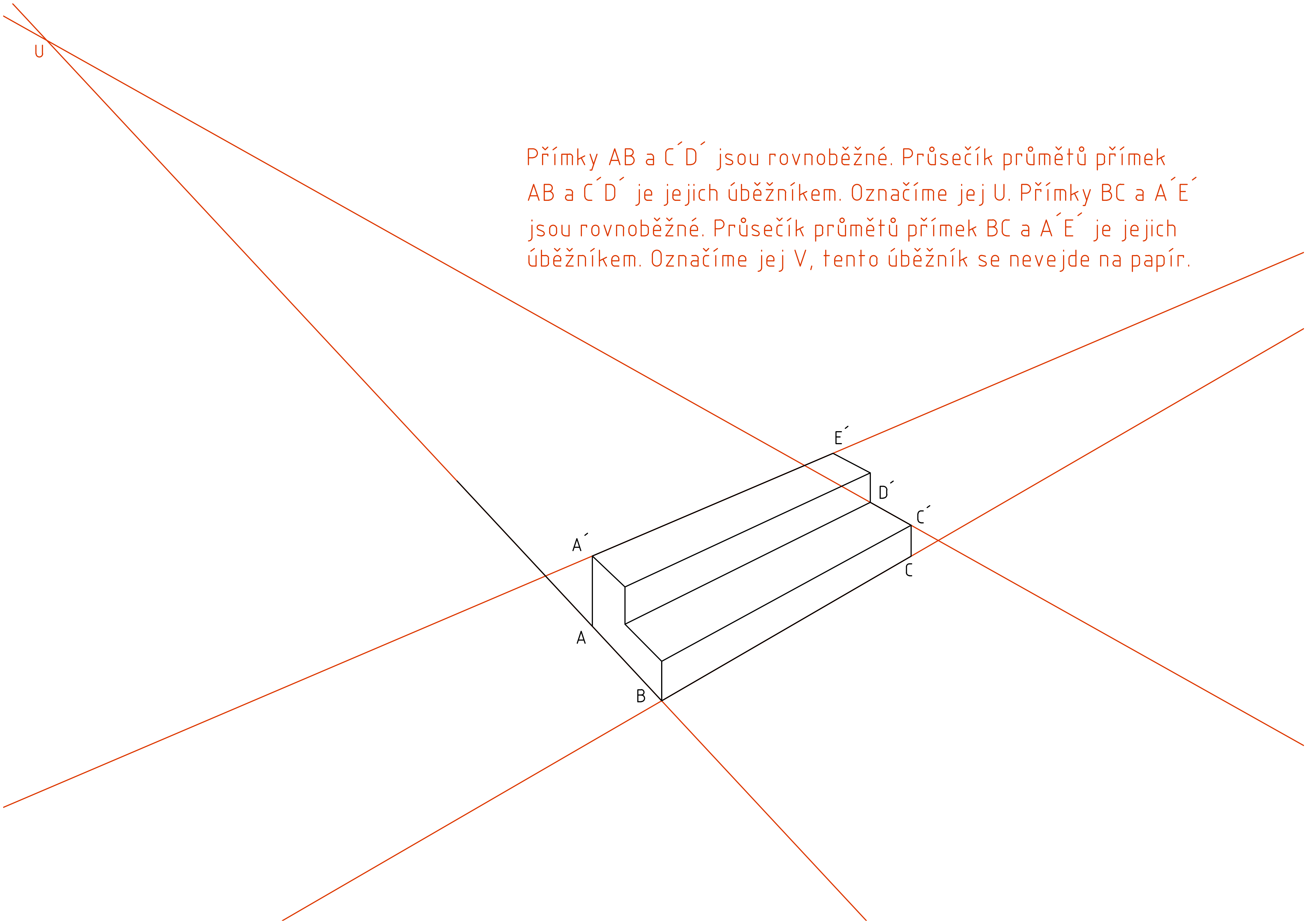
Zadání je předtištěno na předchozí straně.

Je dán vodorovný snímek schodů, které leží na základní rovině (A∈π, B∈π, C∈π). Výška stupně je 180mm a šířka 300mm. Určete prvky vnitřní orientace a sestrojte otočený půdorys schodiště. Dále zobrazte další dva stupně tohoto schodiště, které mají stejné rozměry, a půlkruhovou rohož, která navazuje na hranu BC a leží v základní rovině. Úsečka BC je průměr rohože.



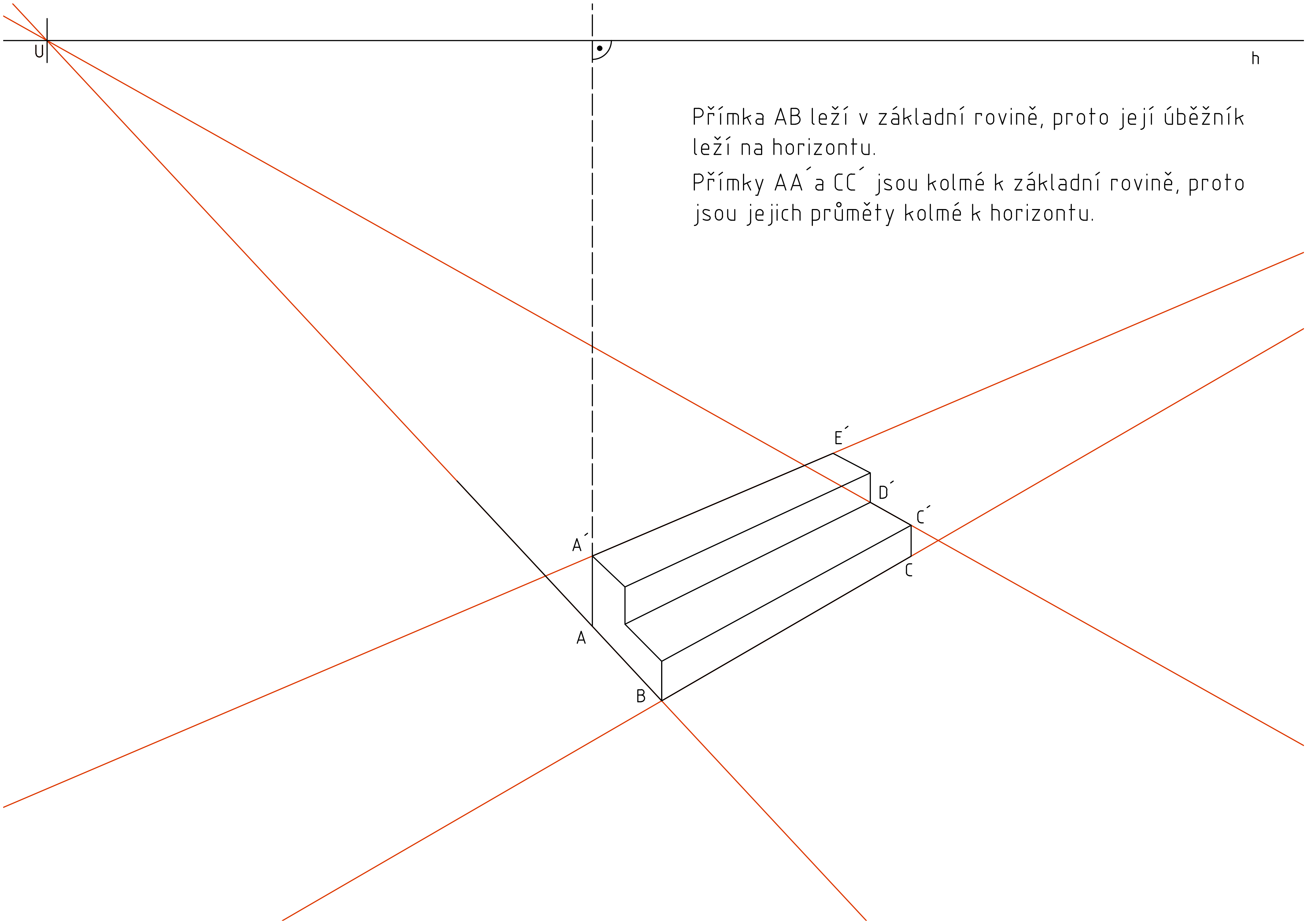


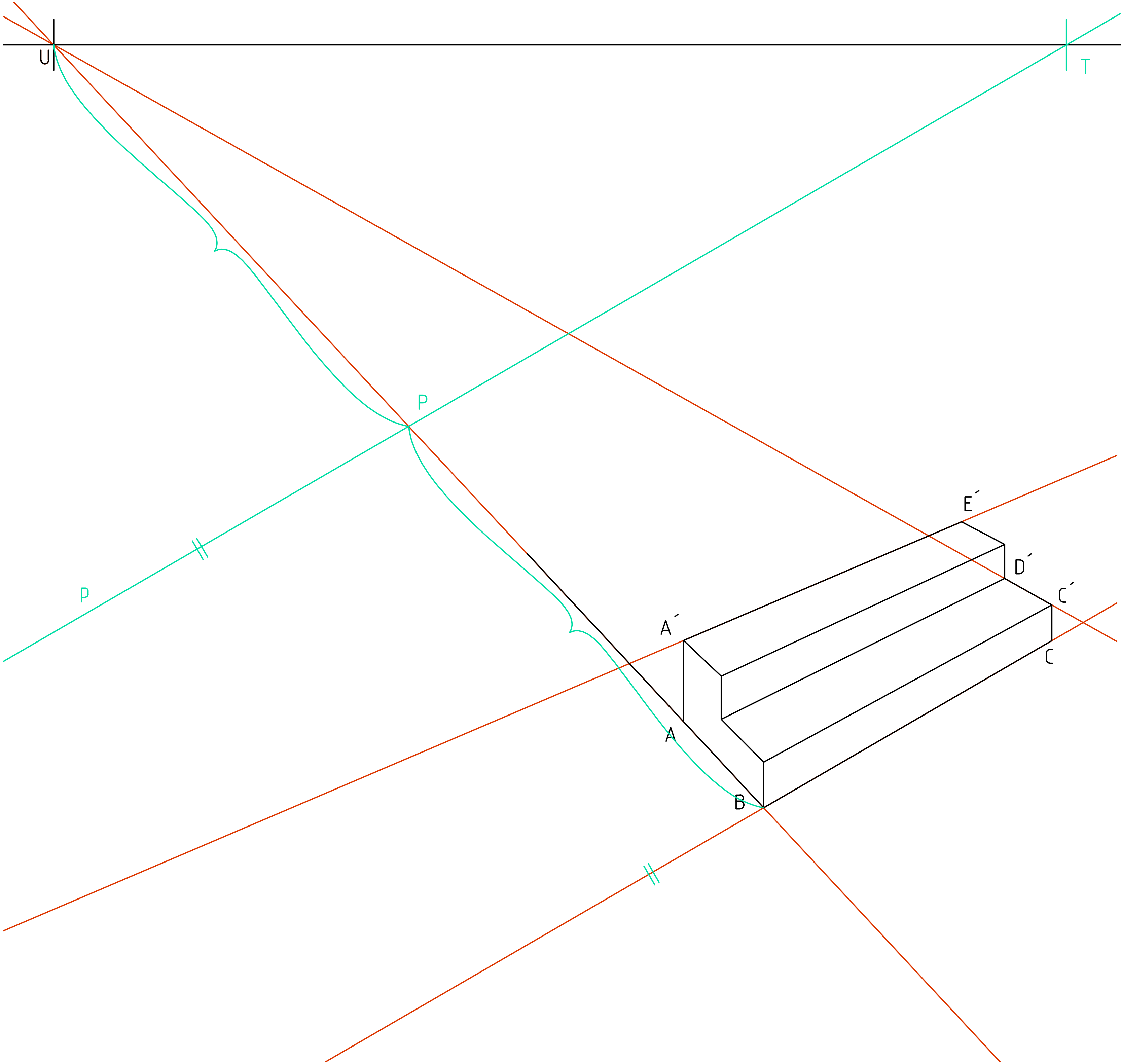
Přímky AB a C´D´ jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek AB a C´D´ je jejich úběžníkem. Označíme jej U. Přímky BC a A´E´ jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek BC a A´E´ je jejich úběžníkem. Označíme jej V, tento úběžník se nevejde na papír.



Přímka AB leží v základní rovině, proto její úběžník leží na horizontu.

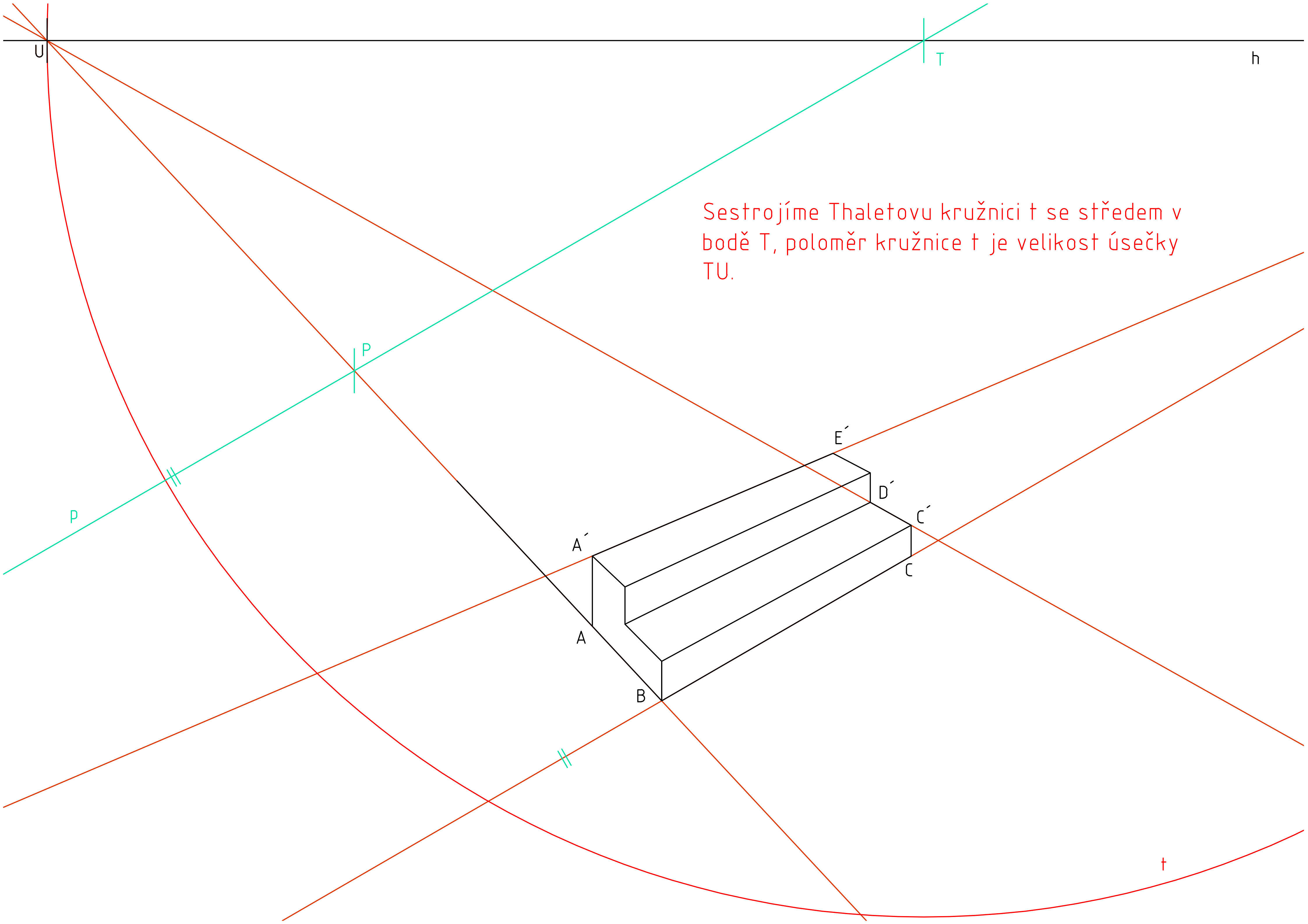
Přímky AA´a CC´ jsou kolmé k základní rovině, proto jsou jejich průměty kolmé k horizontu.





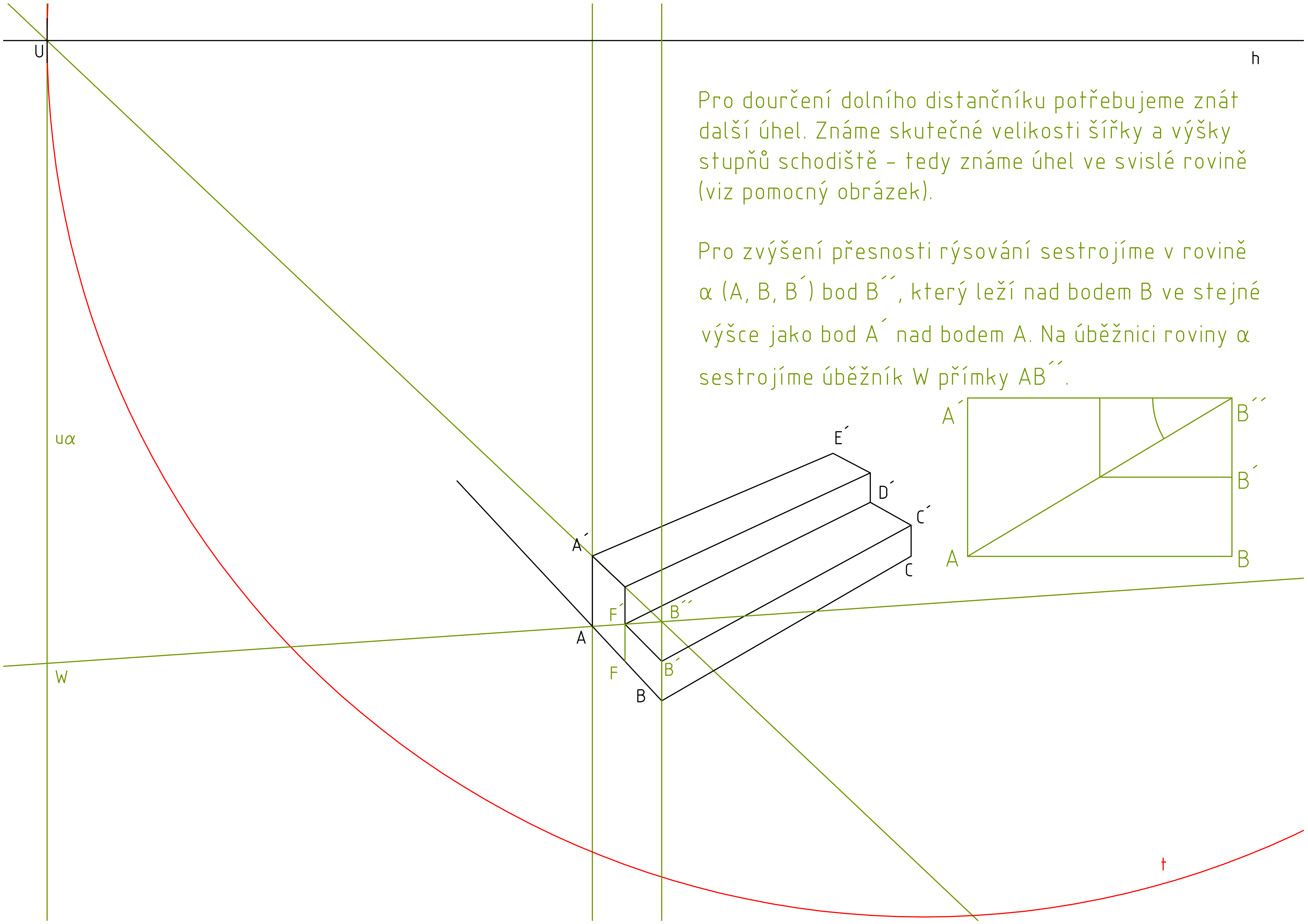
Protože úhel $\sphericalangle ABC$ je pravý, leží dolní distančník na Thaletově kružnici t sestrojené nad úsečkou UV. Střed T úsečky UV získáme využitím podobnosti trojúhelníků. Bod P je střed úsečky BU. Bodem P vedeme přímku p rovnoběžnou s BC. Průnik přímky p s horizontem h je bod T.

Sestrojíme Thaletovu kružnici t se středem v bodě T, poloměr kružnice t je velikost úsečky TU.



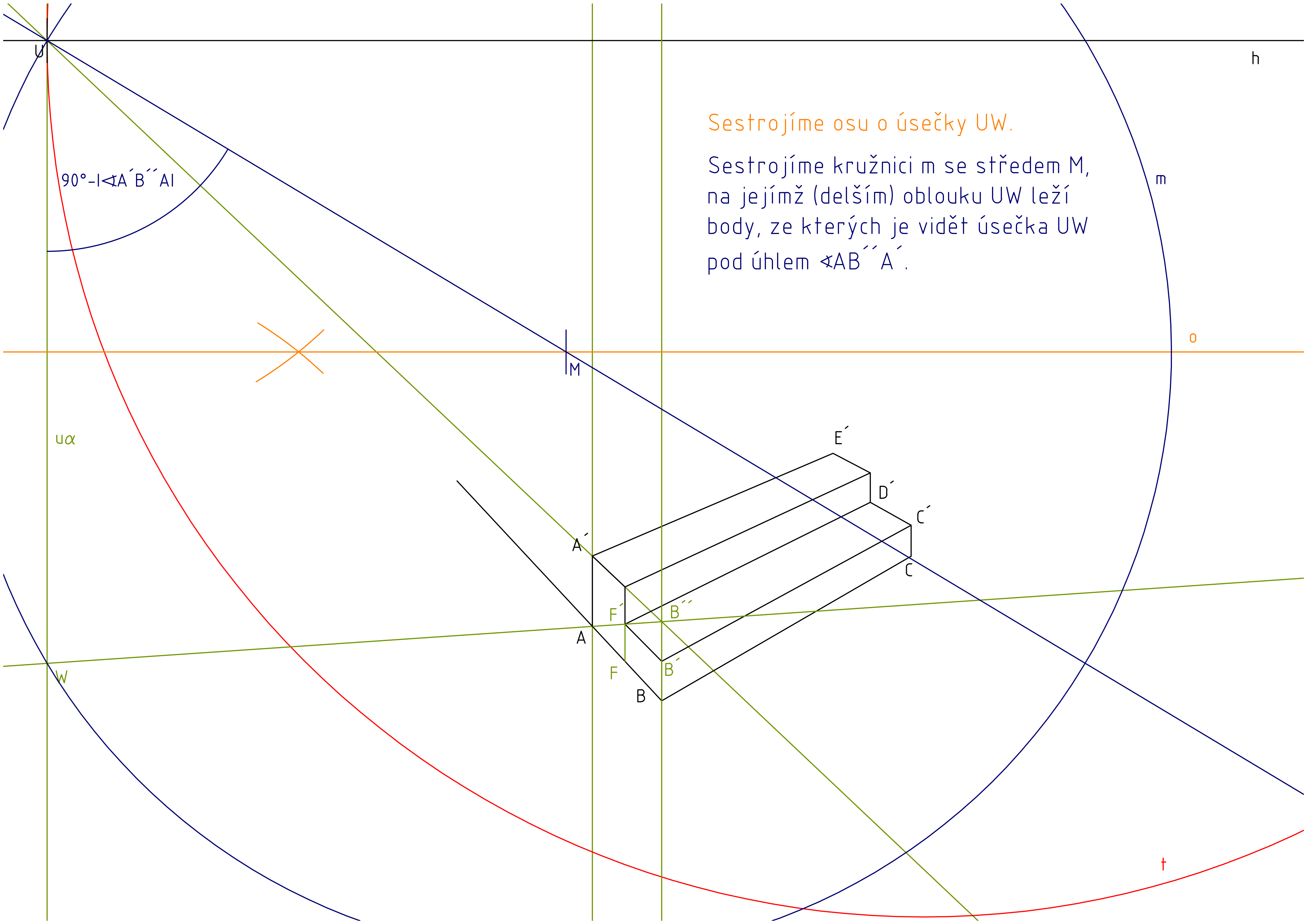
Pro dourčení dolního distančníku potřebujeme znát další úhel. Známe skutečné velikosti šířky a výšky stupňů schodiště – tedy známe úhel ve svislé rovině (viz pomocný obrázek).

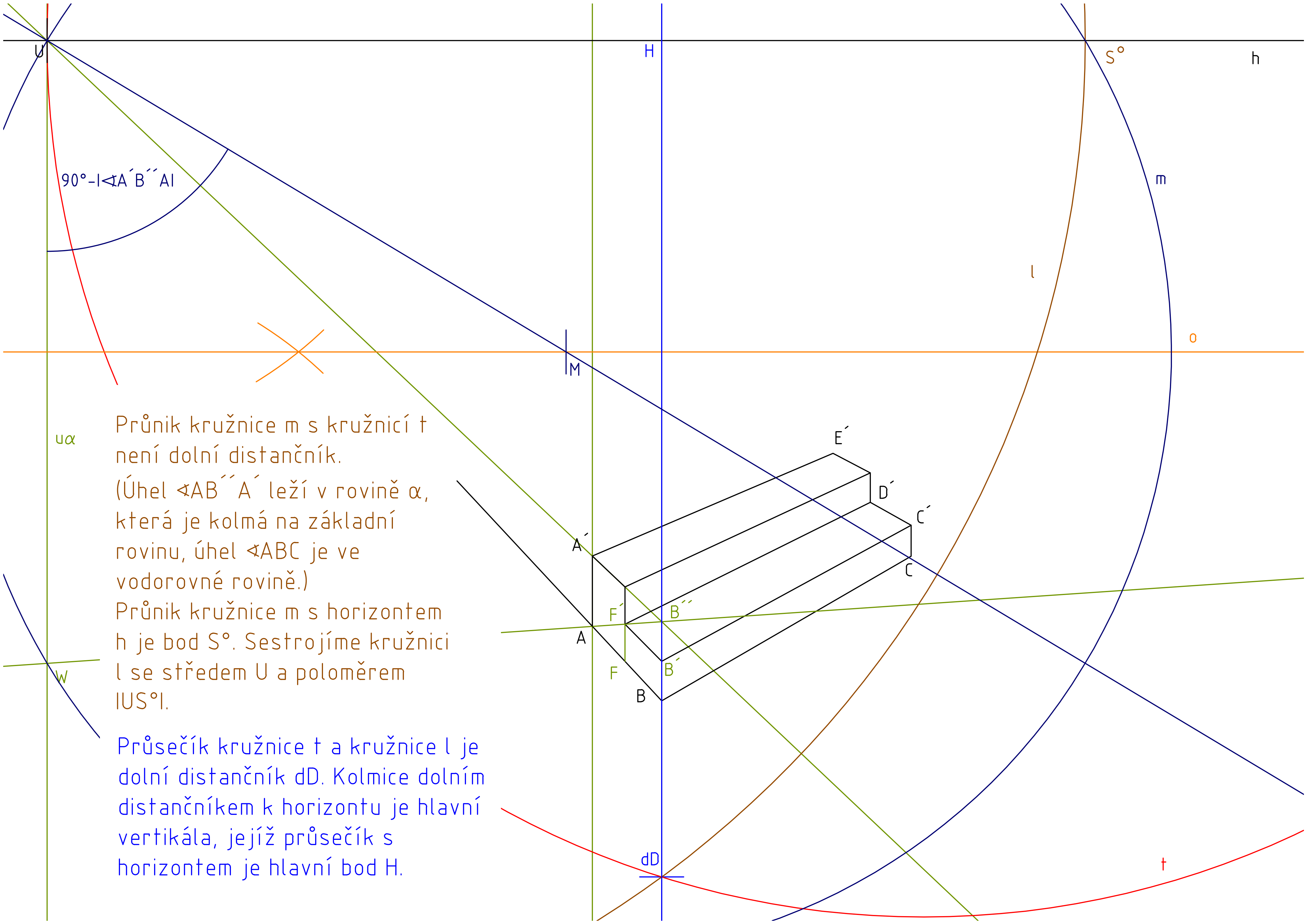
Pro zvýšení přesnosti rýsování sestrojíme v rovině α (A, B, B´) bod B´´, který leží nad bodem B ve stejné výšce jako bod A´ nad bodem A. Na úběžnici roviny α sestrojíme úběžník W přímky AB´´.



Sestrojíme osu o úsečky UW.

Sestrojíme kružnici m se středem M, na jejímž (delším) oblouku UW leží body, ze kterých je vidět úsečka UW pod úhlem ∢AB´´A´.

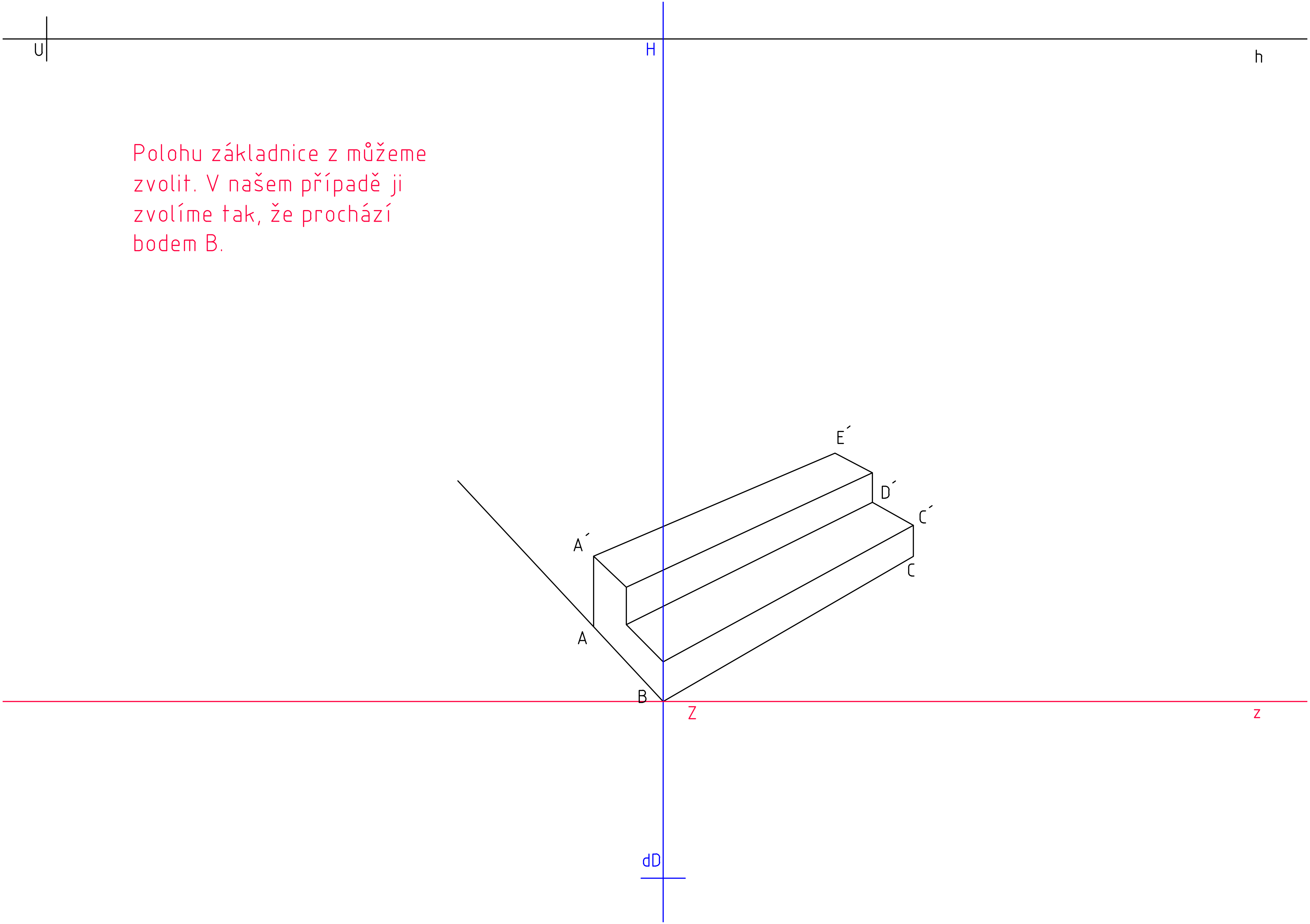




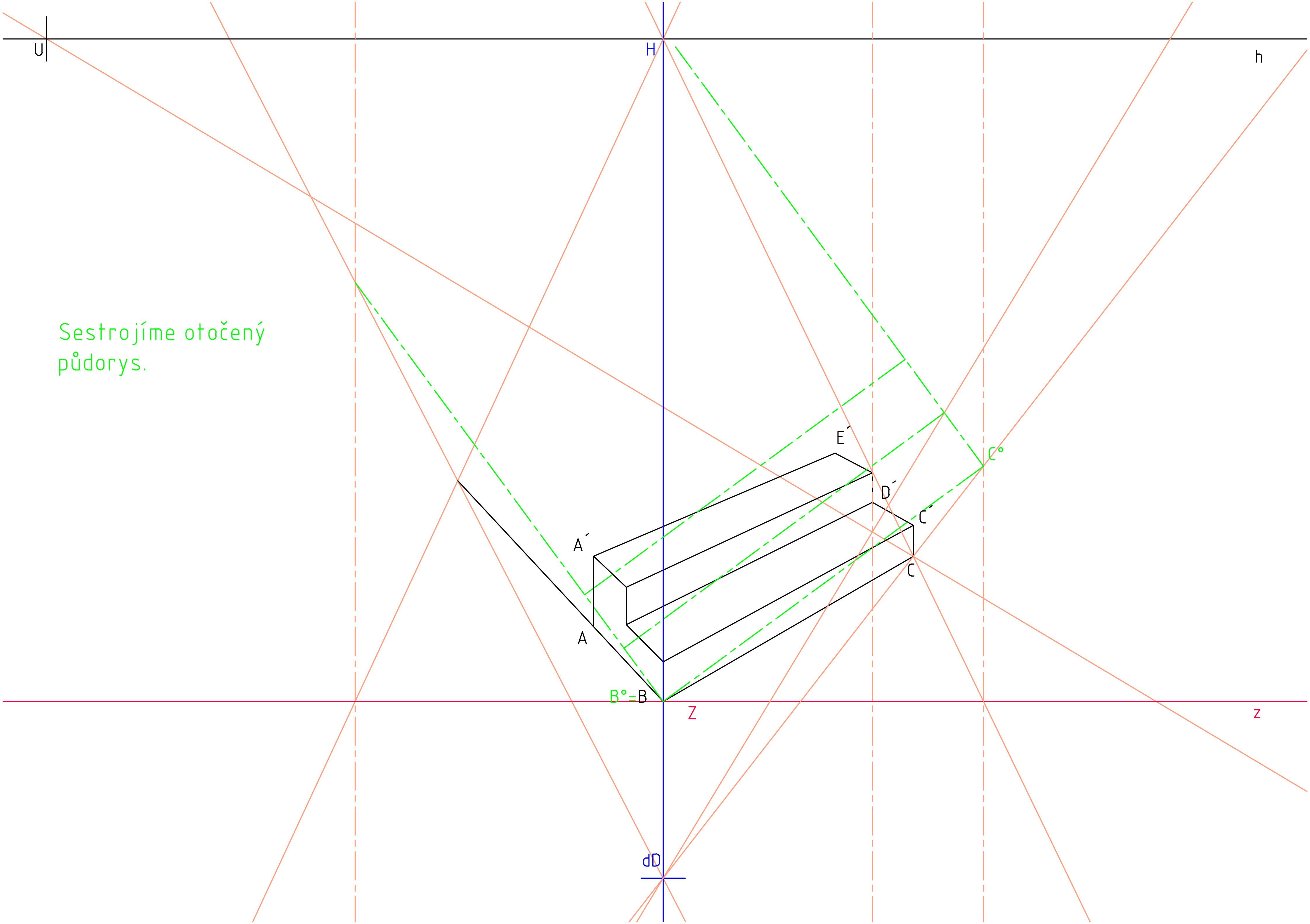
Průnik kružnice m s kružnicí t není dolní distančník.
(Úhel ∢AB´´A´ leží v rovině α, která je kolmá na základní rovinu, úhel ∢ABC je ve vodorovné rovině.)
Průnik kružnice m s horizontem h je bod S°. Sestrojíme kružnici l se středem U a poloměrem |US°|.

Průsečík kružnice t a kružnice l je dolní distančník dD. Kolmice dolním distančníkem k horizontu je hlavní vertikála, jejíž průsečík s horizontem je hlavní bod H.

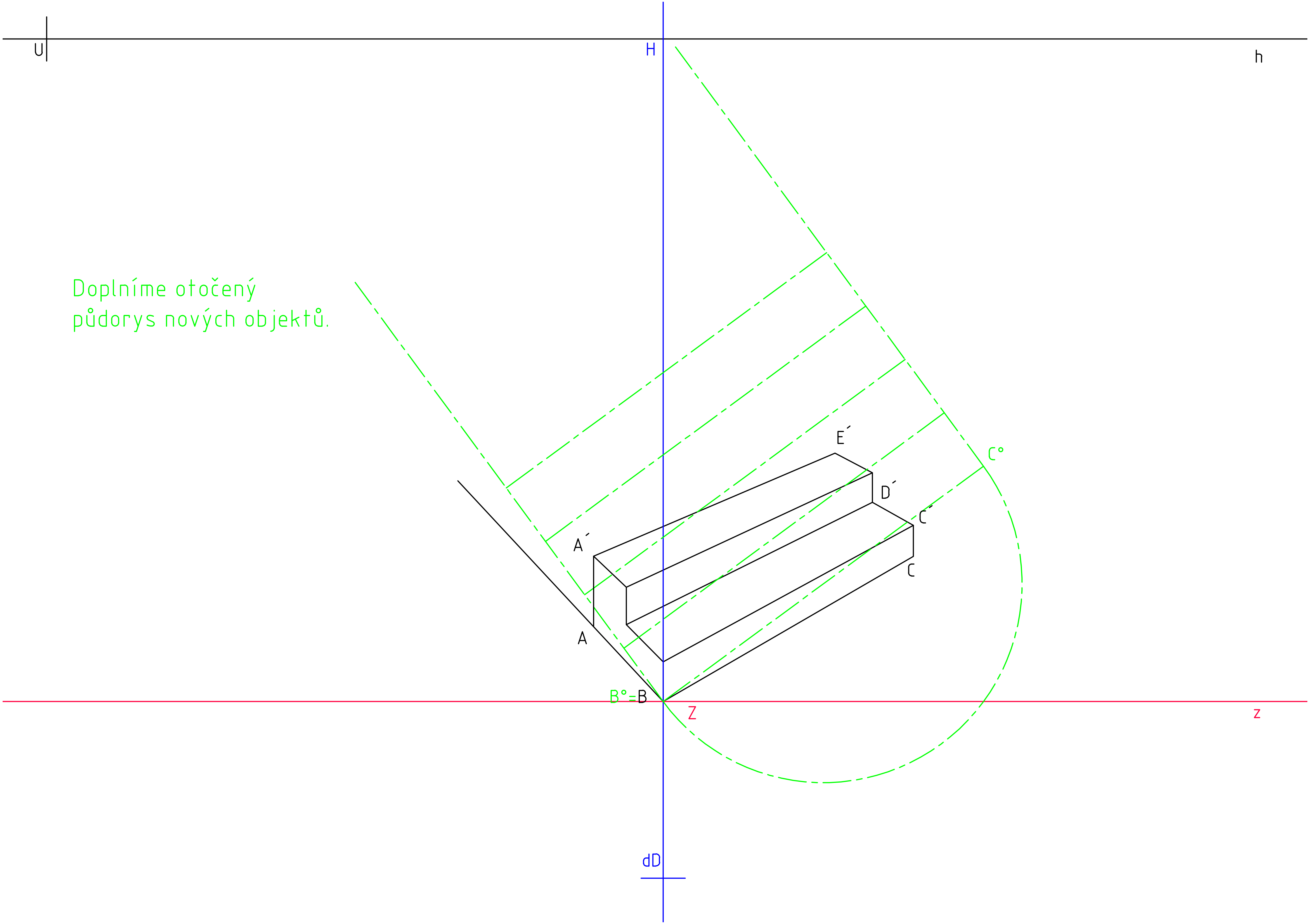
Polohu základnice z můžeme zvolit. V našem případě ji zvolíme tak, že prochází bodem B.



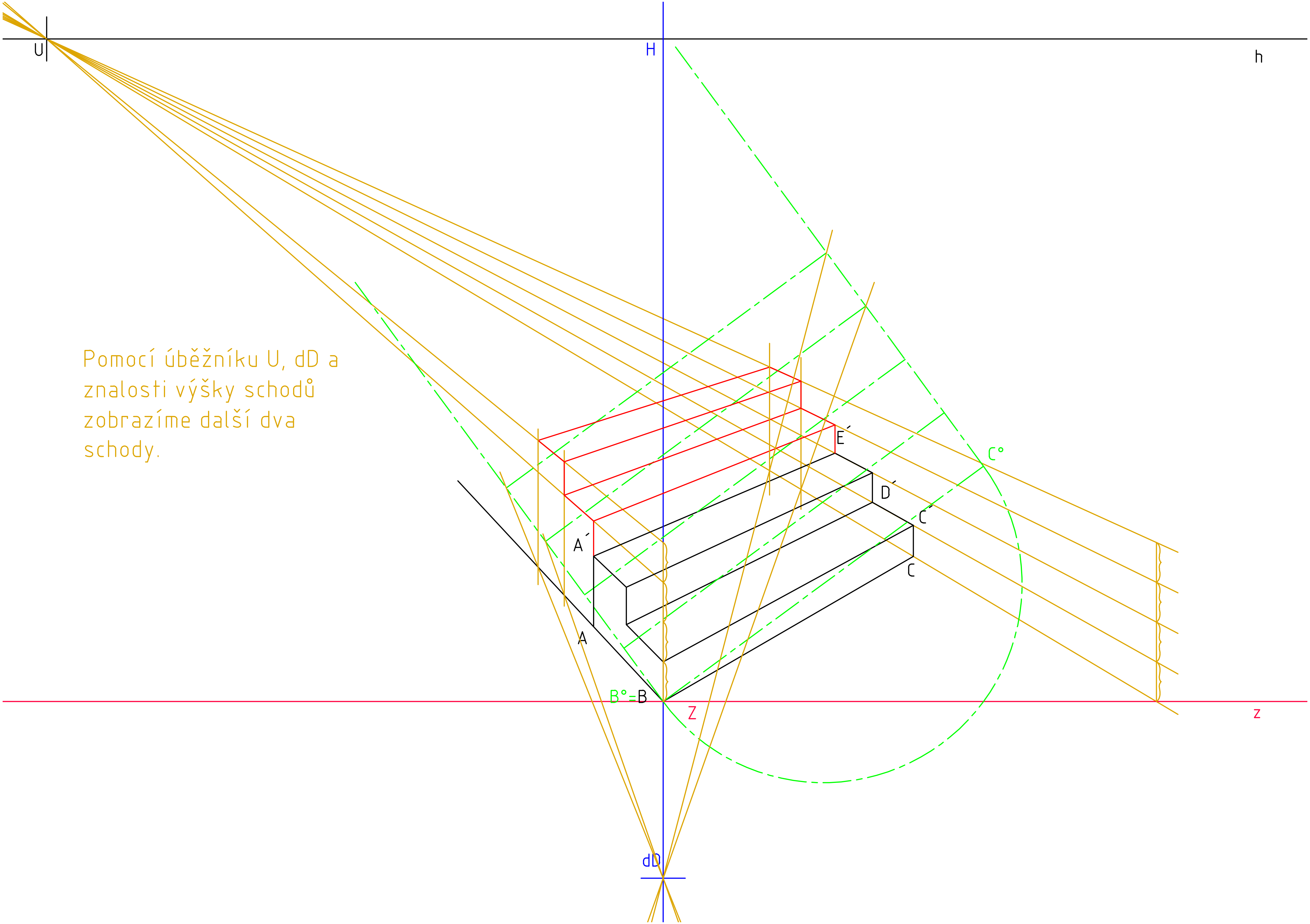
Sestrojíme otočený půdorys.



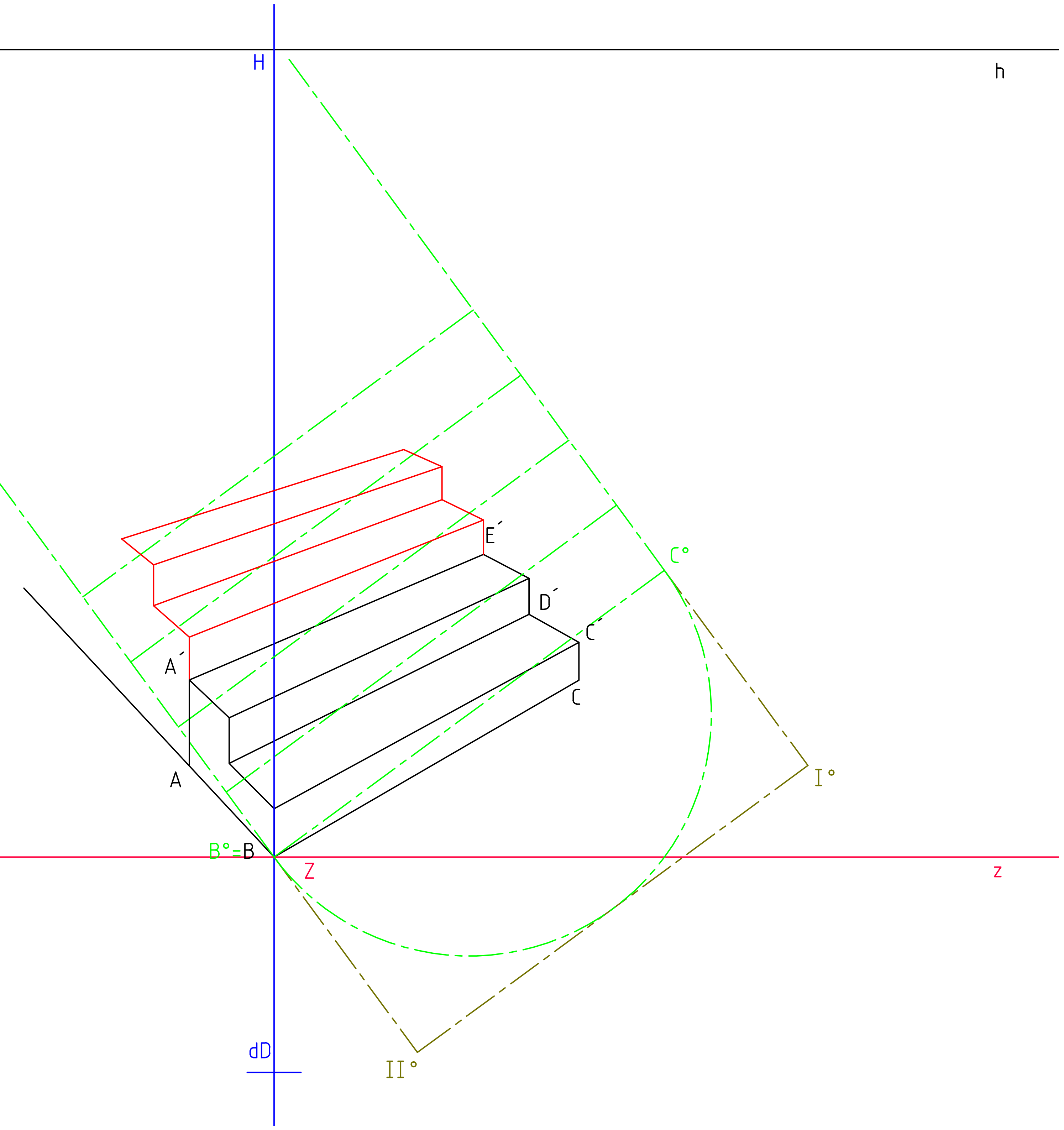
Doplníme otočený
půdorys nových objektů.

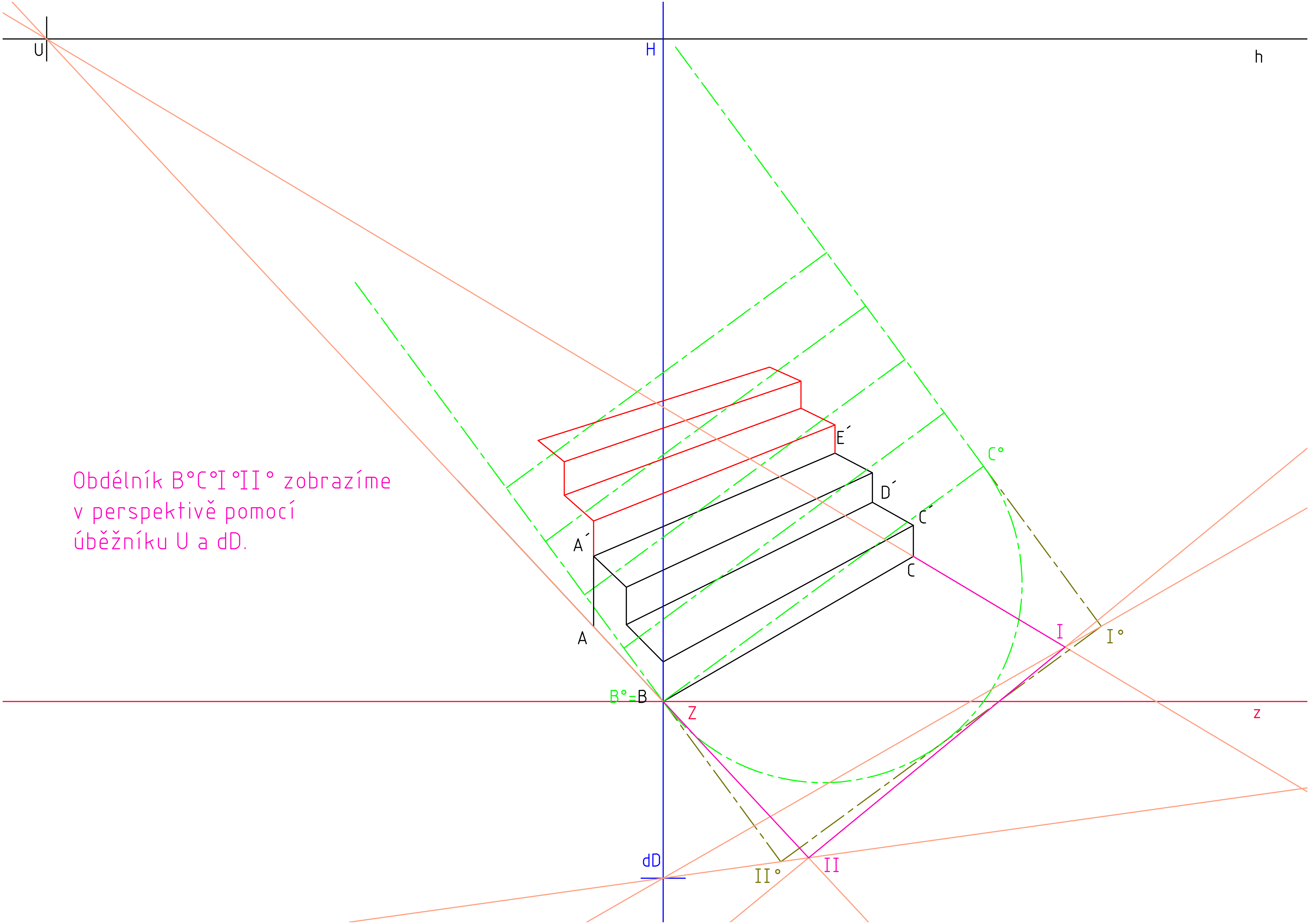


Pomocí úběžníku U, dD a
znalosti výšky schodů
zobrazíme další dva
schody.

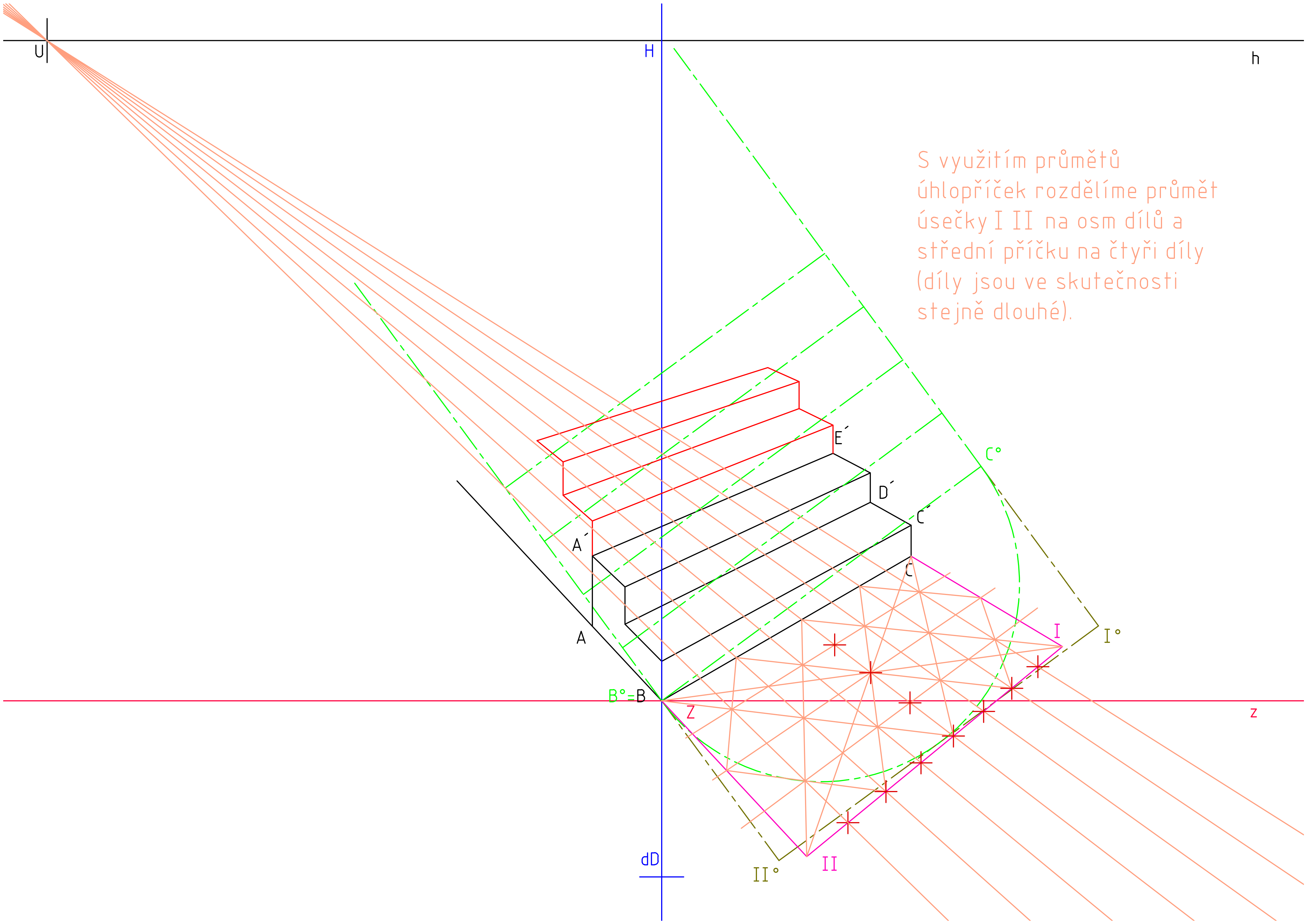


Potřebujeme sestrojit kruhový oblouk – rohožku. Tento oblouk sestrojíme pomocí příčkové konstrukce. Hledáme perspektivní průmět poloviny čtverce, kterému je hledaná kružnice vepsaná. Tento obdélník nazveme I CB II . Sestrojíme otočený půdorys tohoto obdélníka.

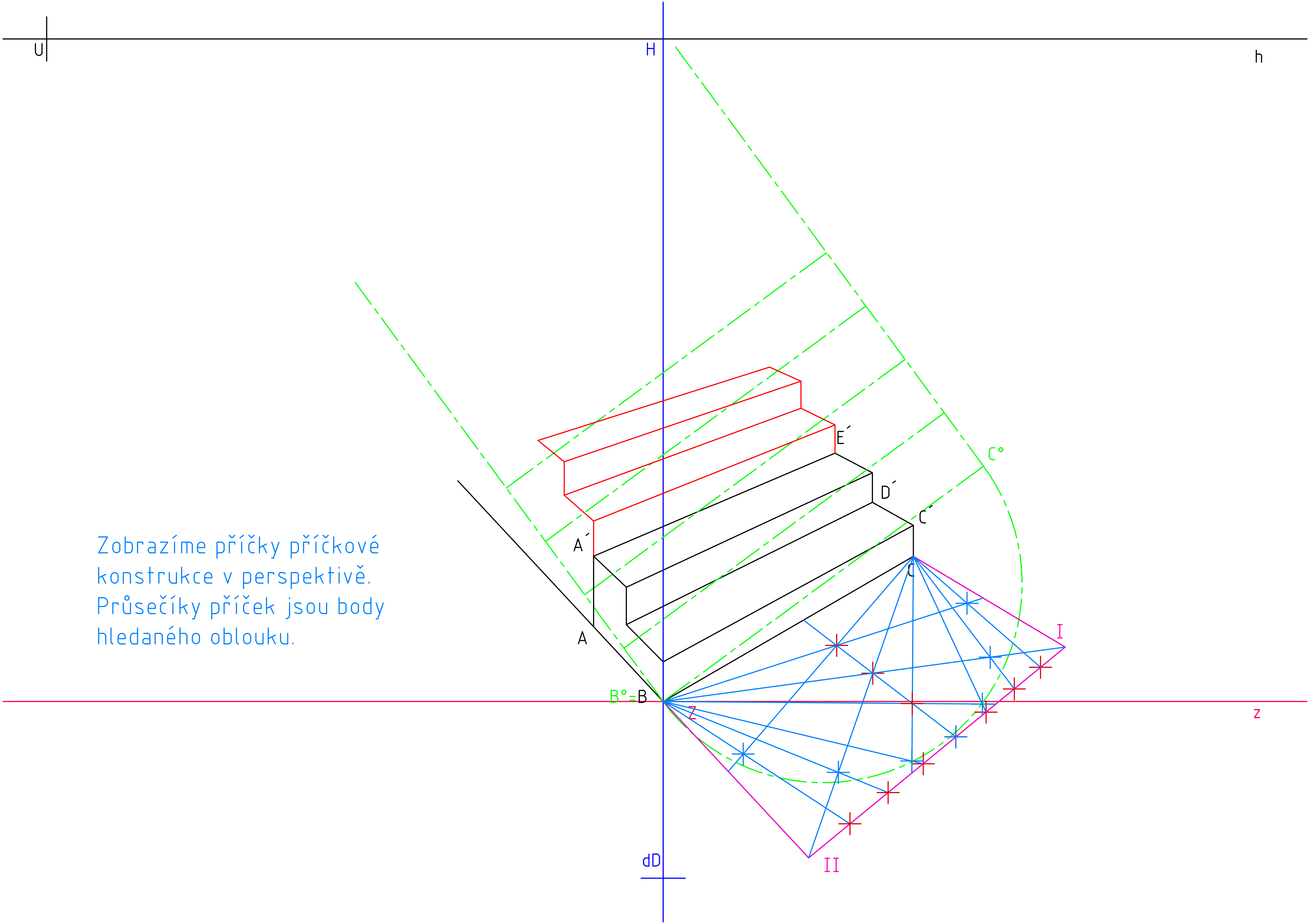




Obdélník B°C°I°II° zobrazíme v perspektivě pomocí úběžníku U a dD.

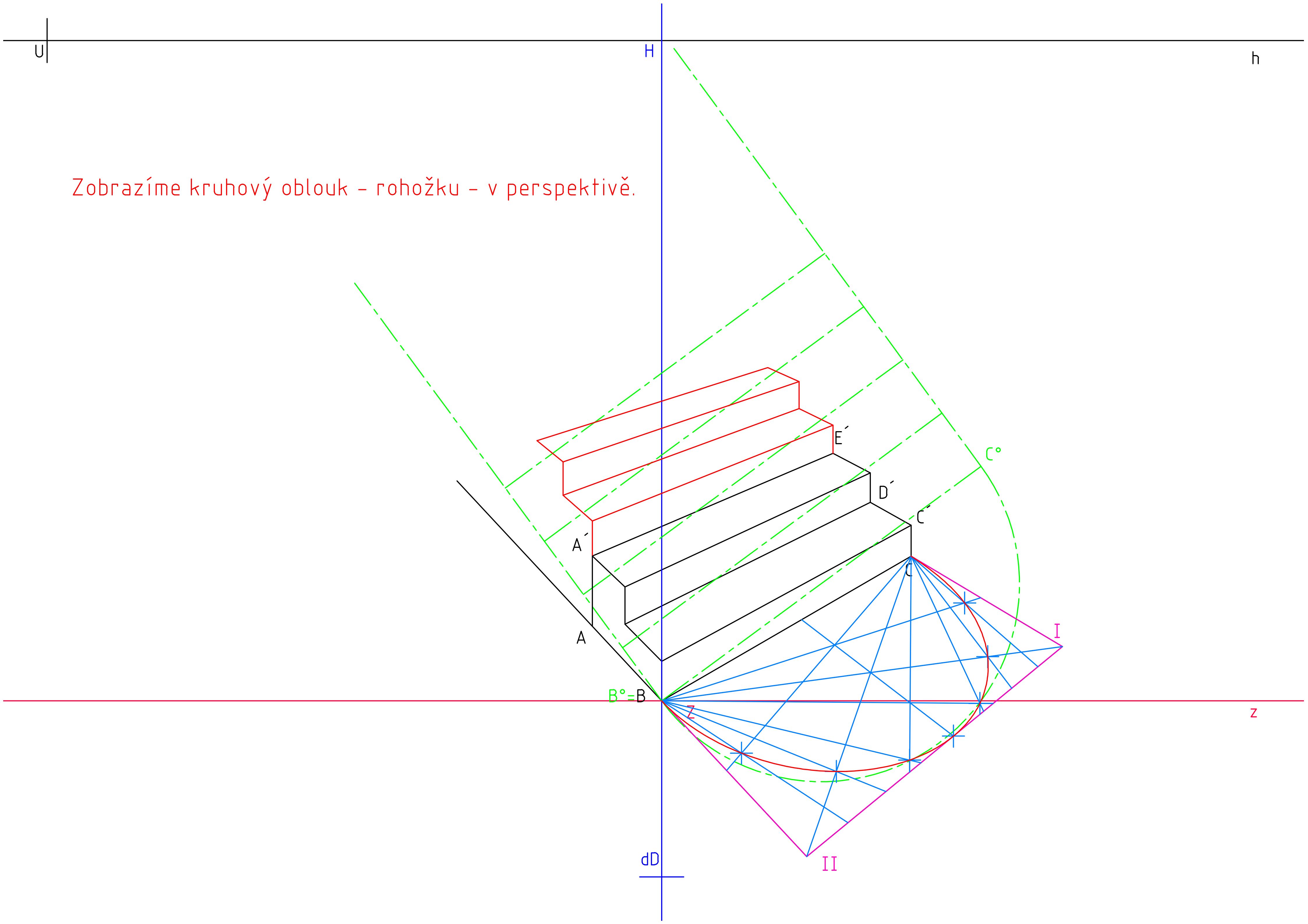


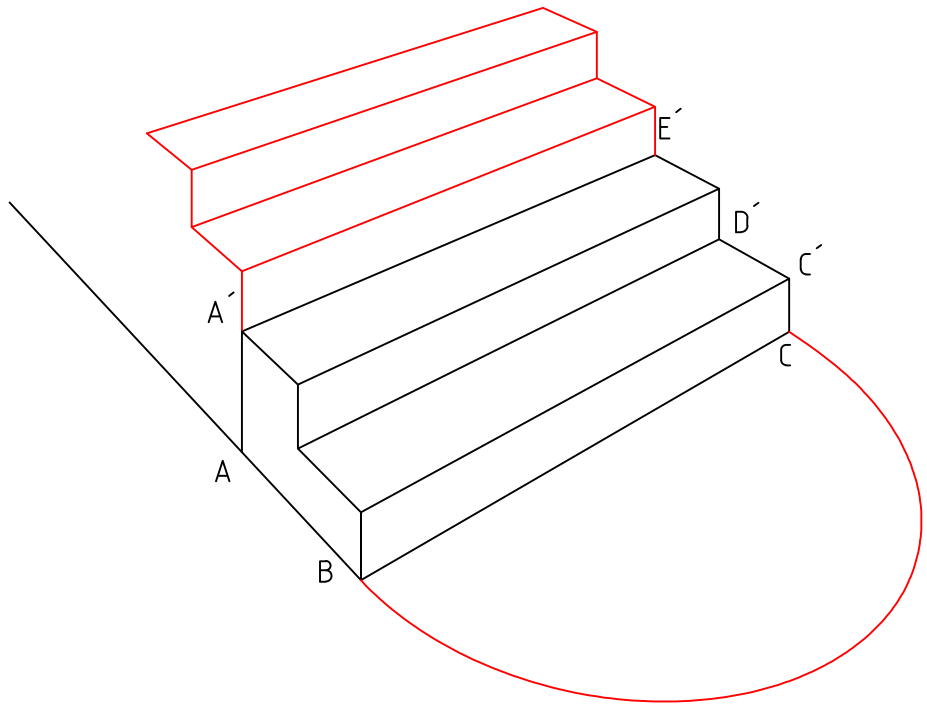
S využitím průmětů úhlopříček rozdělíme průmět úsečky I II na osm dílů a střední příčku na čtyři díly (díly jsou ve skutečnosti stejně dlouhé).

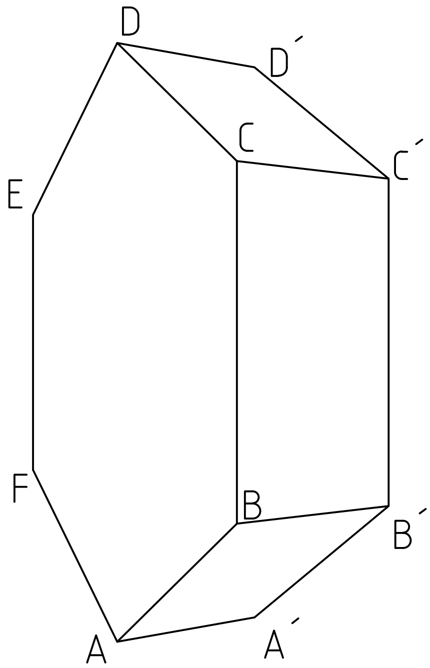


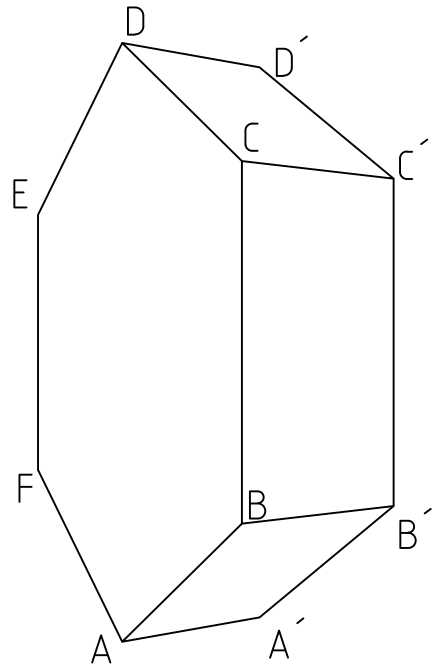
Zobrazíme příčky příčkové konstrukce v perspektivě. Průsečíky příček jsou body hledaného oblouku.

Zobrazíme kruhový oblouk – rohožku – v perspektivě.




E'
D'
C'
A'
C
A
B


D
D´
C
C´
E
F
B
B´
A
A´

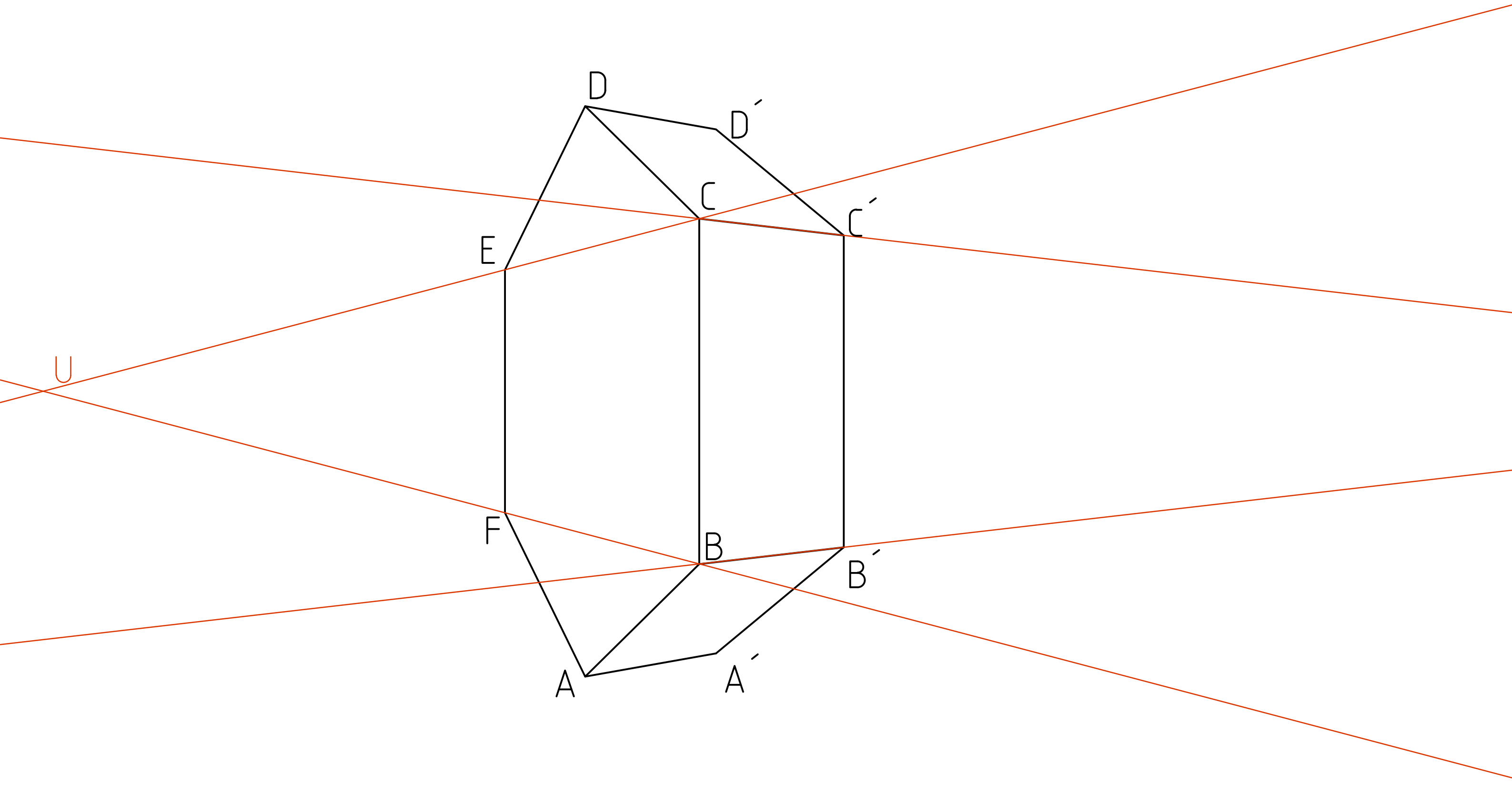


A4 na výšku

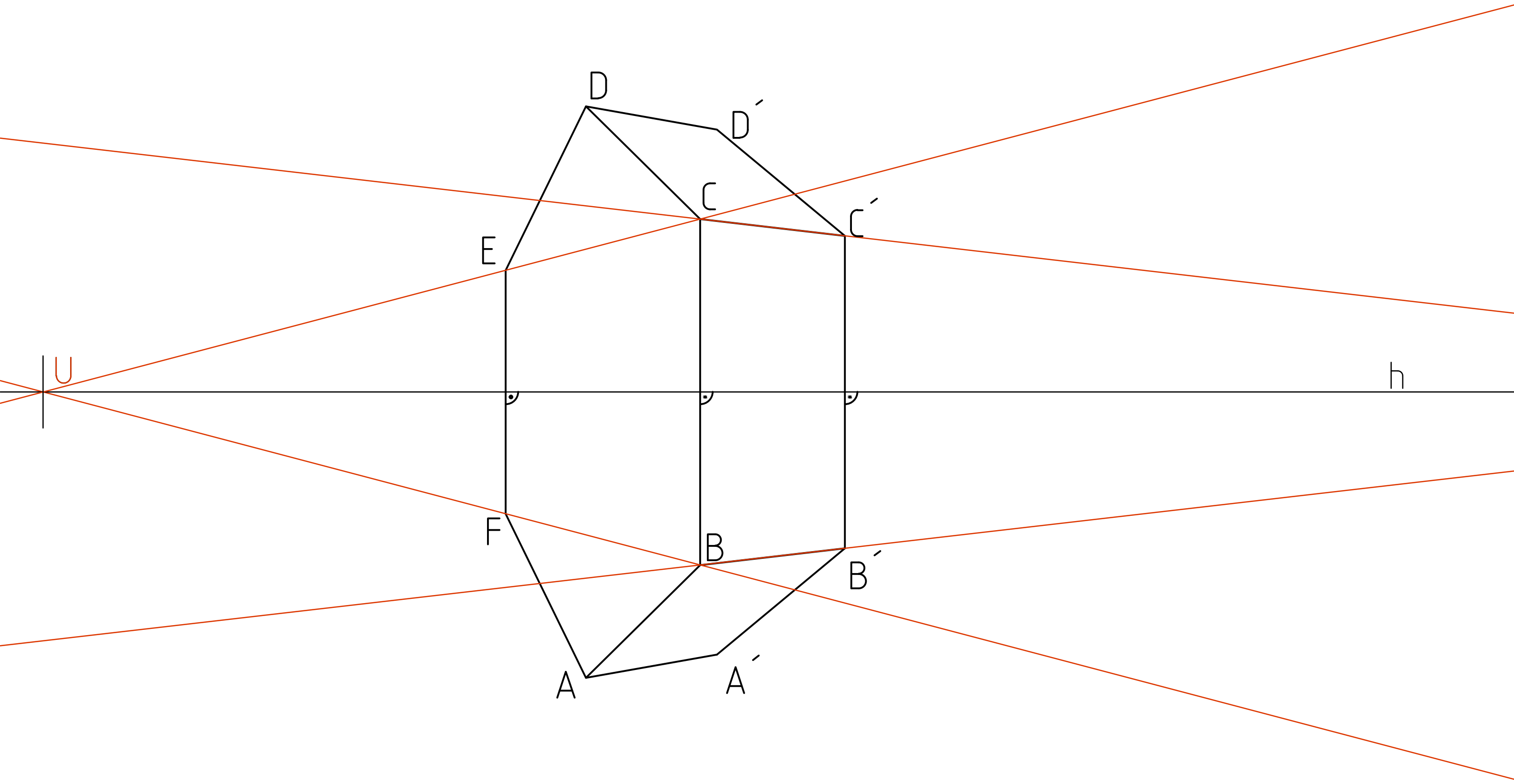
Fotogrammetrie

Zadání je předtištěno na předchozí straně.

Je dán vodorovný snímek vrutu se šestihranou hlavou (pravidelný šestiboký hranol). Hlava vrutu je v takové poloze, že úhlopříčka AD je svislá. Vrut je zašroubován do desky, která je určena rovinou A´B´C´. Určete prvky vnitřní orientace a sestrojte otočený půdorys hlavy vrutu. Dále sestrojte podložku, která je také zapuštěná do zadané desky. Průměr podložky je dvakrát větší než průměr kružnice, na které leží body ABCDEF.

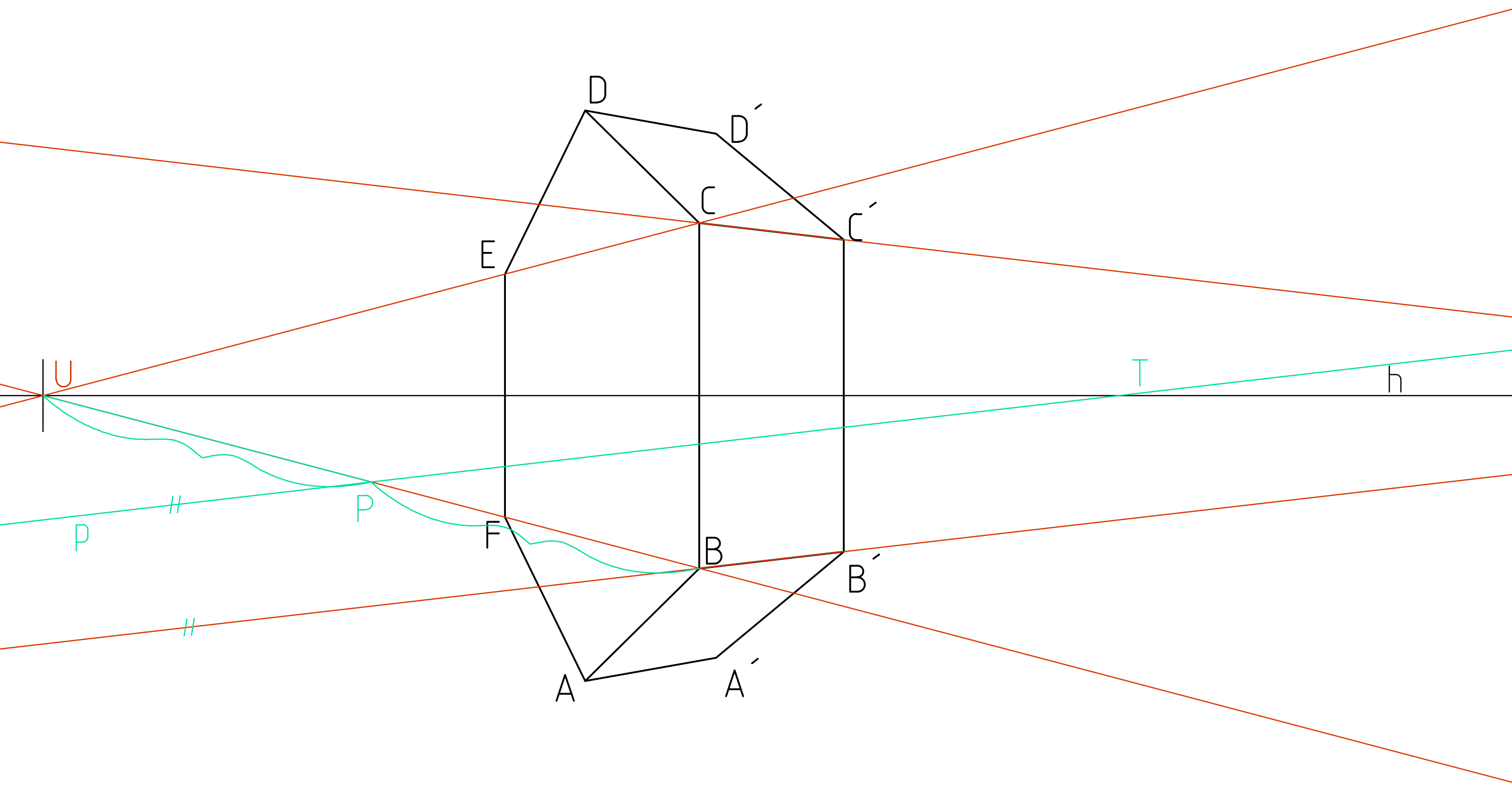


Přímky BF a CE jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek BF a CE je jejich úběžníkem. Označíme jej U. Přímky CC´ a BB´ (také DD´) jsou rovnoběžné. Průsečík průmětů přímek CC´a BB´ je jejich úběžníkem. Označíme jej V. Tento úběžník se nevejde na papír.

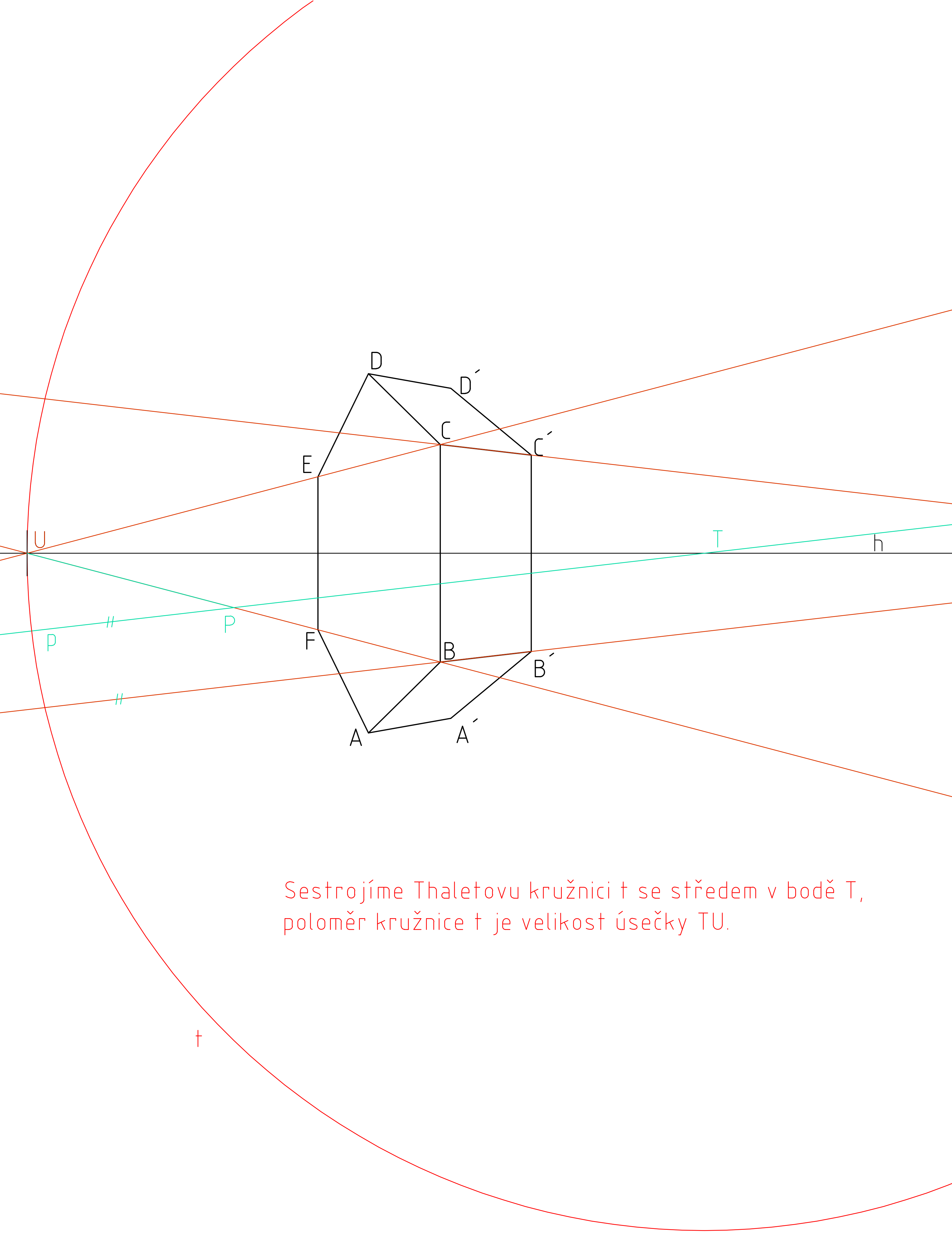


Přímky FB a EC leží v rovinách rovnoběžných se základní rovinou, proto jejich úběžník leží na horizontu.

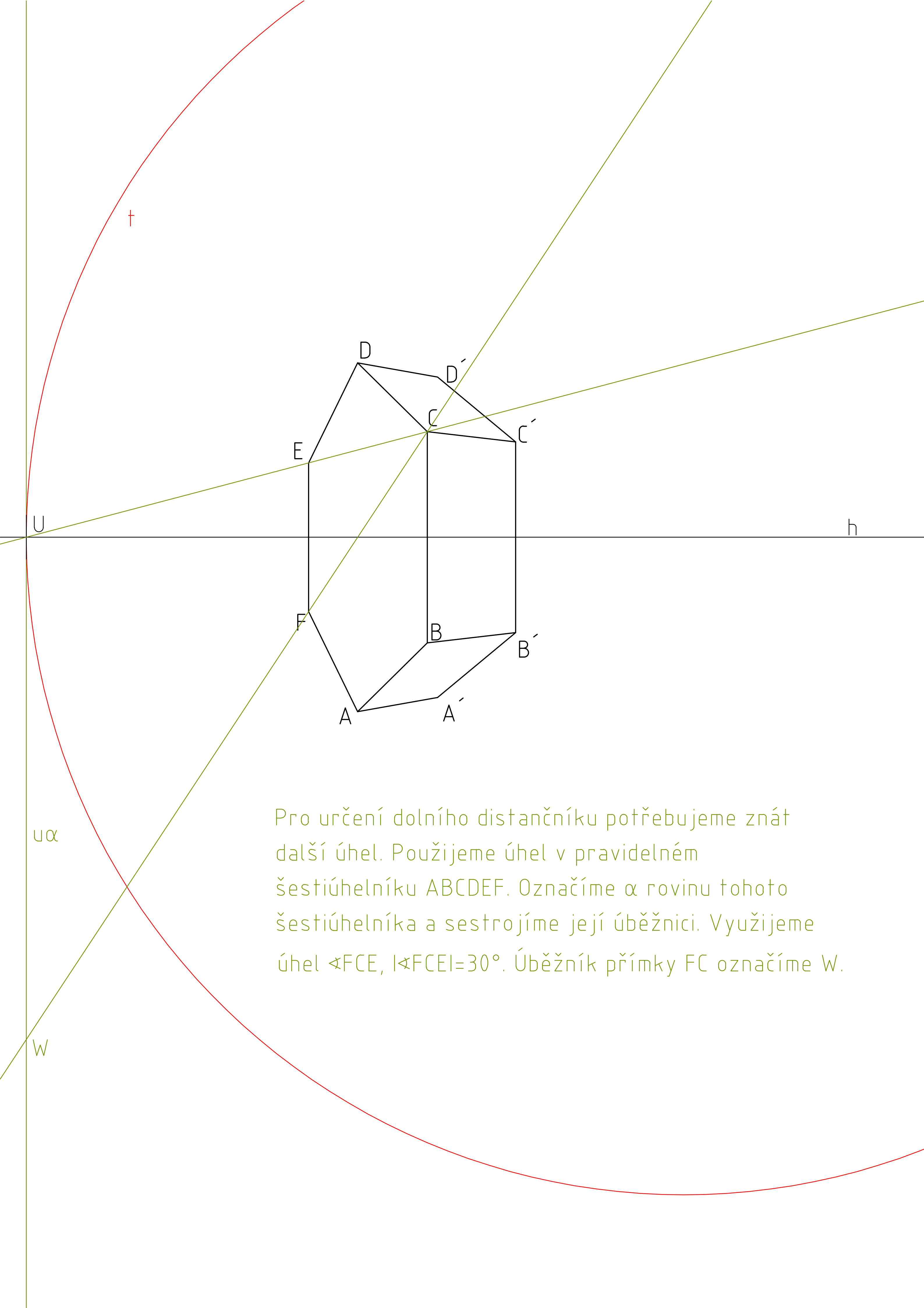
Přímky EF, BC a B´C´ jsou kolmé k základní rovině, proto jsou jejich průměty kolmé k horizontu.



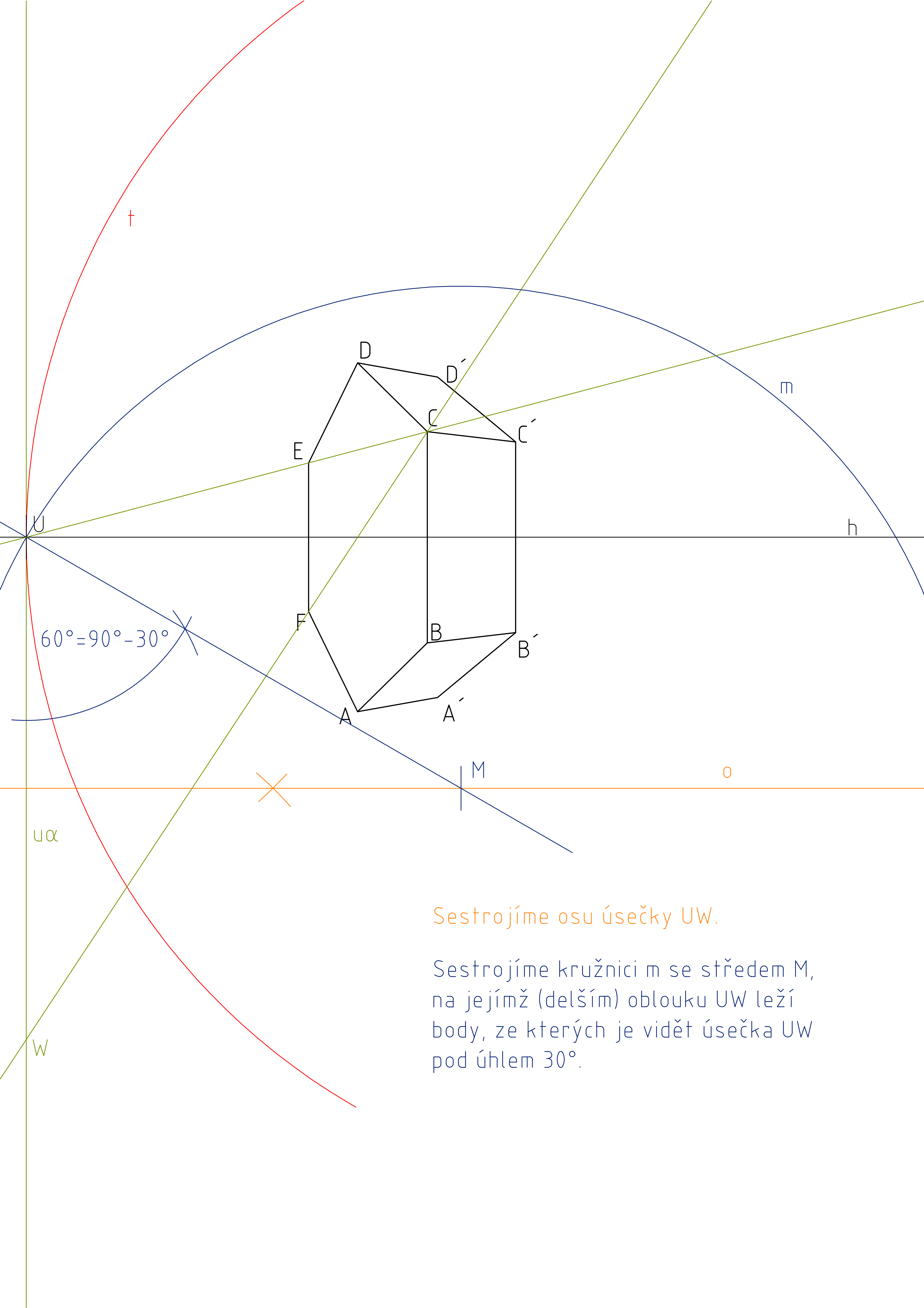
Protože úhly ∢ECC´ a ∢FBB´ jsou pravé, leží dolní distančník na Thaletově kružnici t sestrojené nad úsečkou UV. Střed T úsečky UV získáme využitím podobnosti trojúhelníků. Bod P je střed úsečky BU. Bodem P vedeme přímku p rovnoběžnou s BB´. Průnik přímky p s horizontem je bod T.



Sestrojíme Thaletovu kružnici t se středem v bodě T,
poloměr kružnice t je velikost úsečky TU.

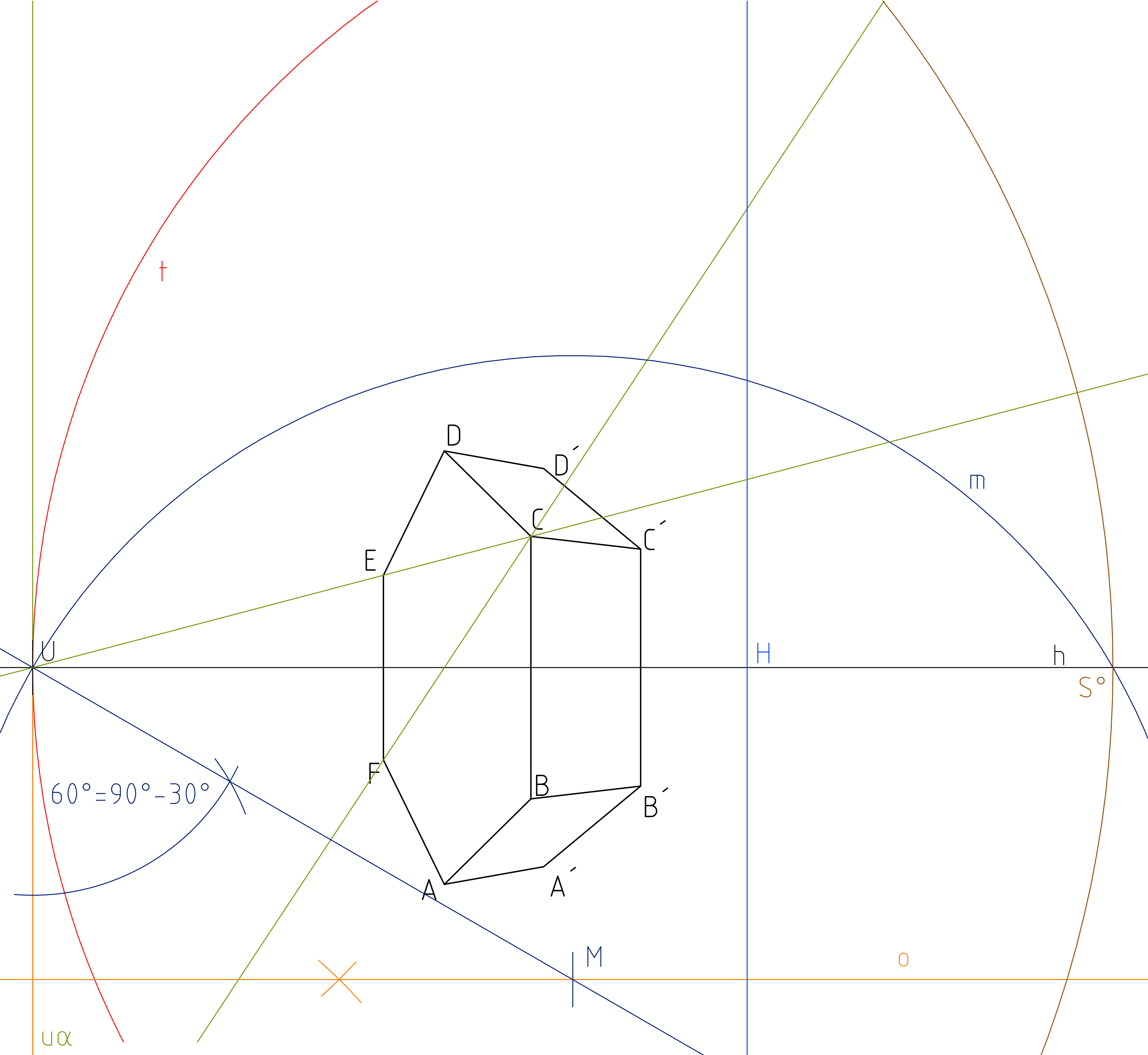


Pro určení dolního distančníku potřebujeme znát další úhel. Použijeme úhel v pravidelném šestiúhelníku ABCDEF. Označíme α rovinu tohoto šestiúhelníka a sestrojíme její úběžnici. Využijeme úhel $\sphericalangle FCE$, $|\sphericalangle FCE| = 30°$. Úběžník přímky FC označíme W.



Sestrojíme osu úsečky UW.

Sestrojíme kružnici m se středem M, na jejímž (delším) oblouku UW leží body, ze kterých je vidět úsečka UW pod úhlem 30°.

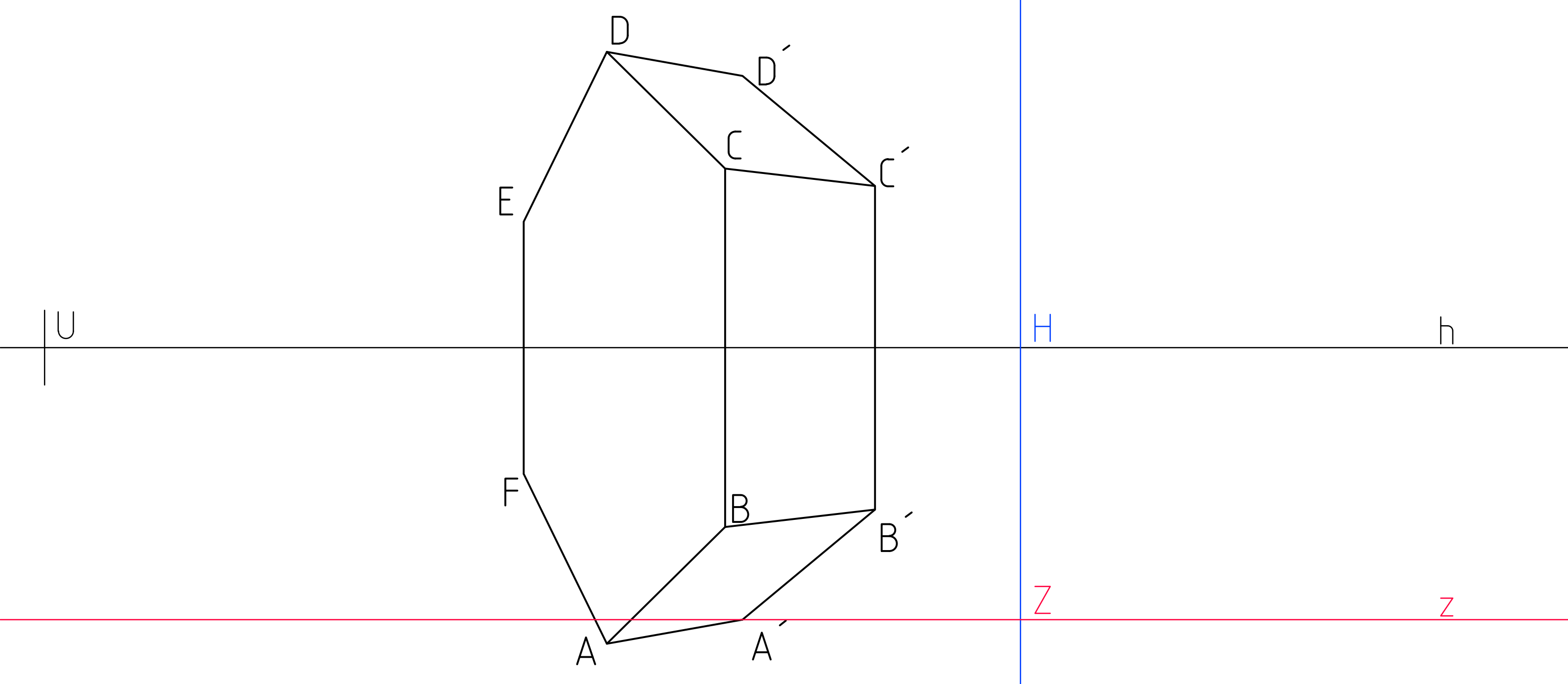


Průnik kružnice m s kružnicí t není dolní distančník!

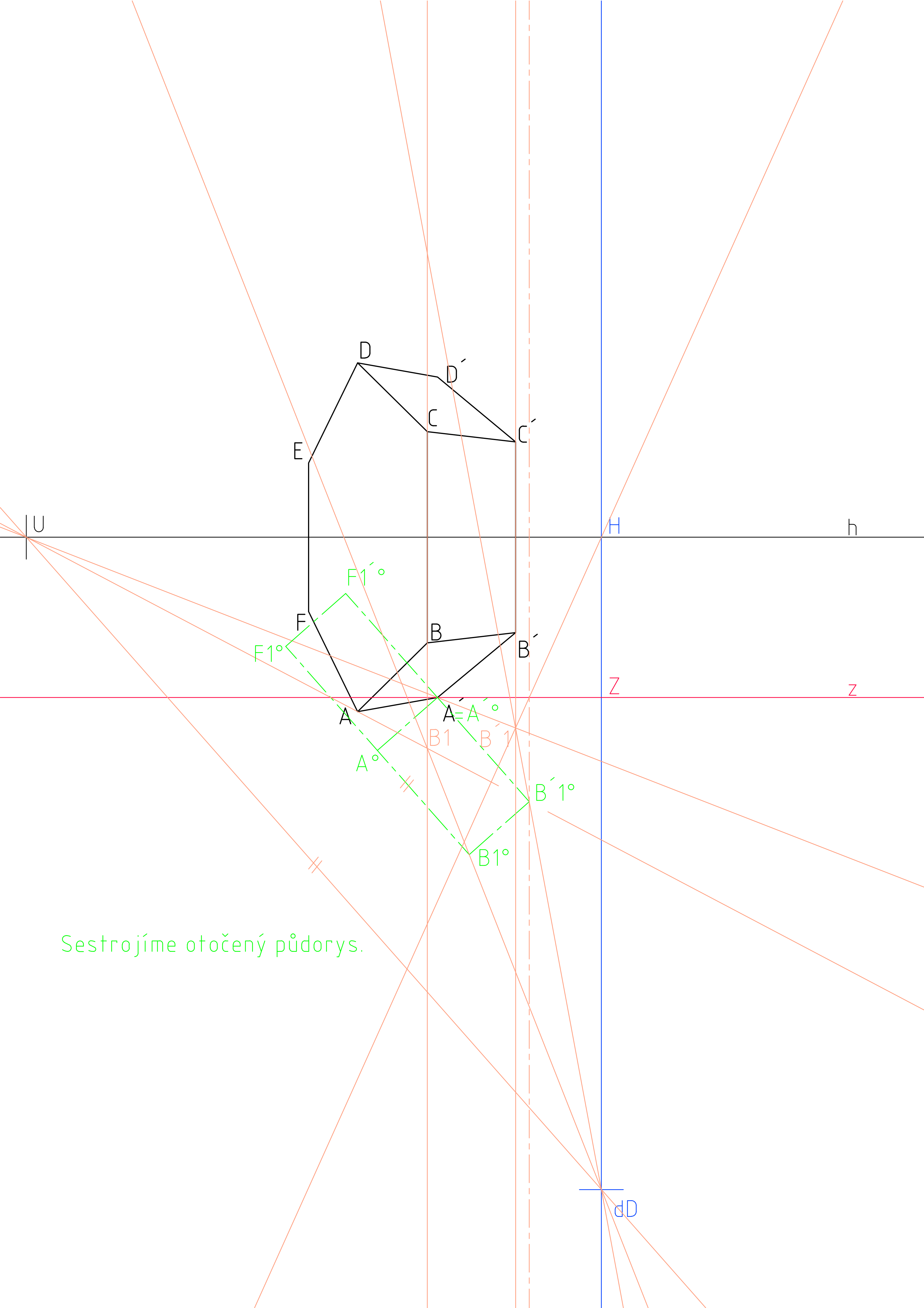
(∢ECF je ve svislé rovině, ∢ECC´ ve vodorovné rovině.)

Průnik kružnice m s horizontem je bod S°. Sestrojíme kružnici l se středem U a poloměrem o velikosti úsečky US°.

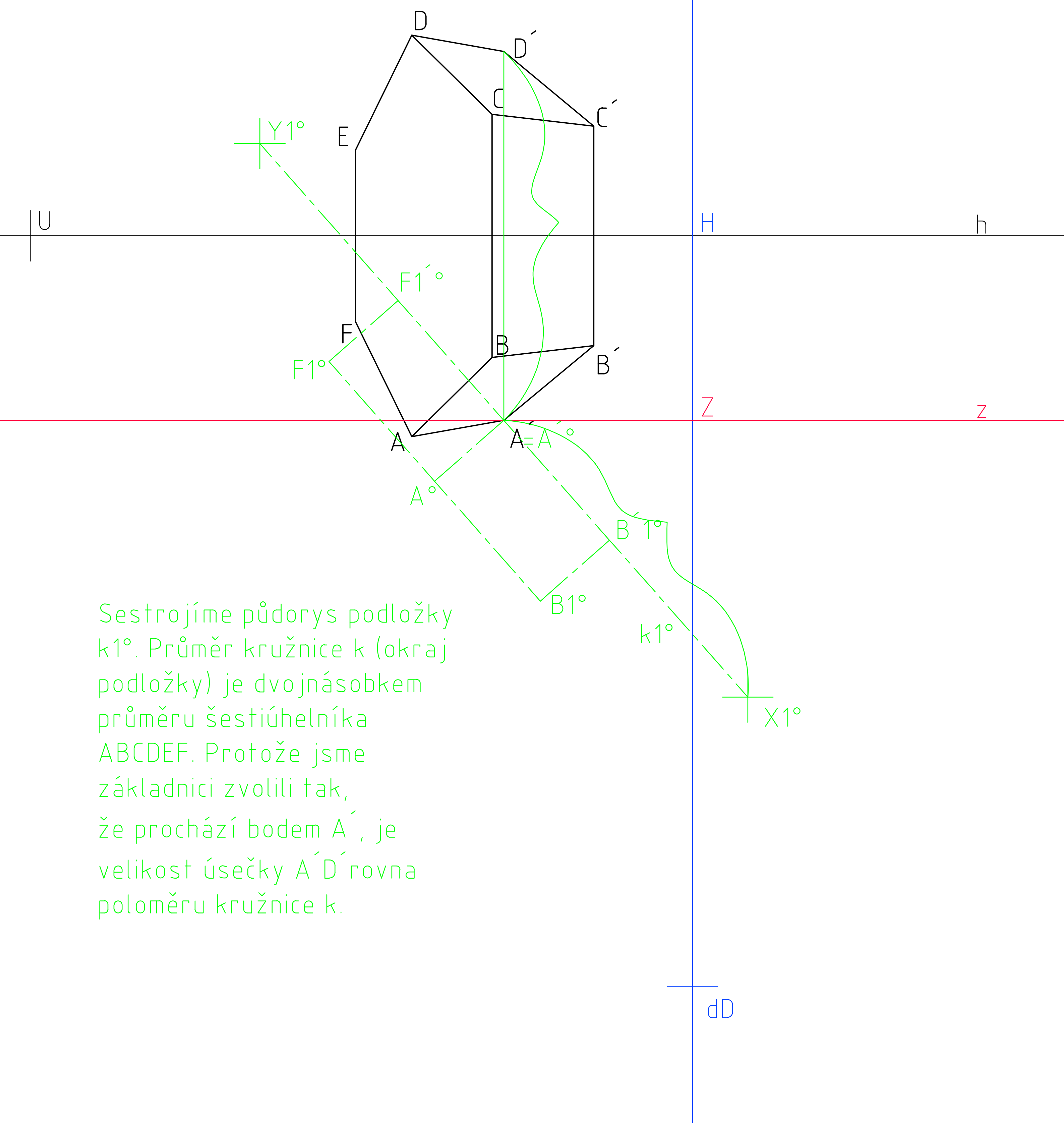
Průsečík kružnice t a kružnice l je dolní distančník dD. Kolmice dolním distančníkem k horizontu je hlavní vertikála, jejíž průsečík s horizontem je hlavní bod H.



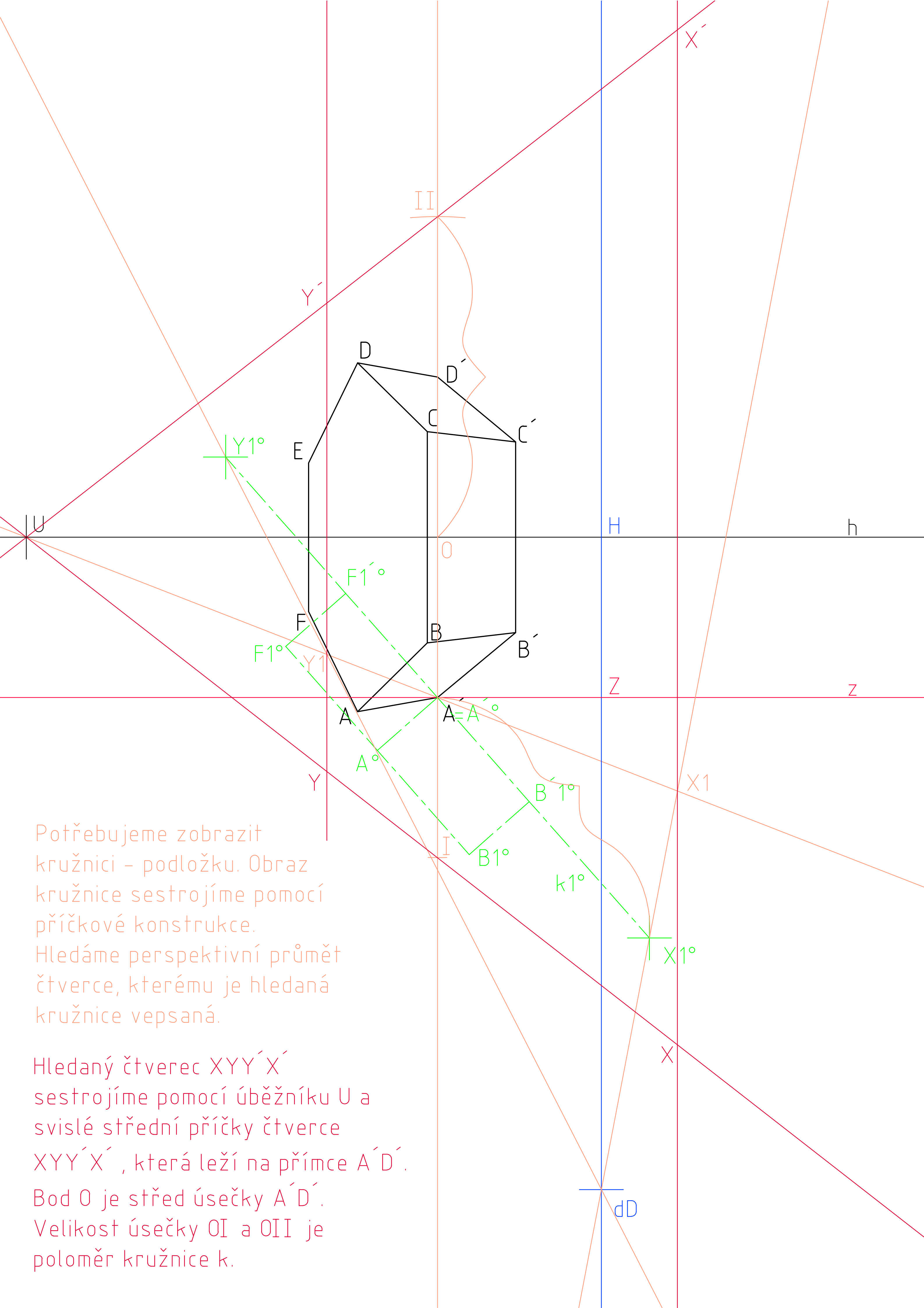
Polohu základnice můžeme zvolit. V našem případě je výhodné ji zvolit tak, aby procházela bodem A´, protože v rovině A´B´C´ je umístěna podložka, kterou chceme zobrazit.



Sestrojíme otočený půdorys.

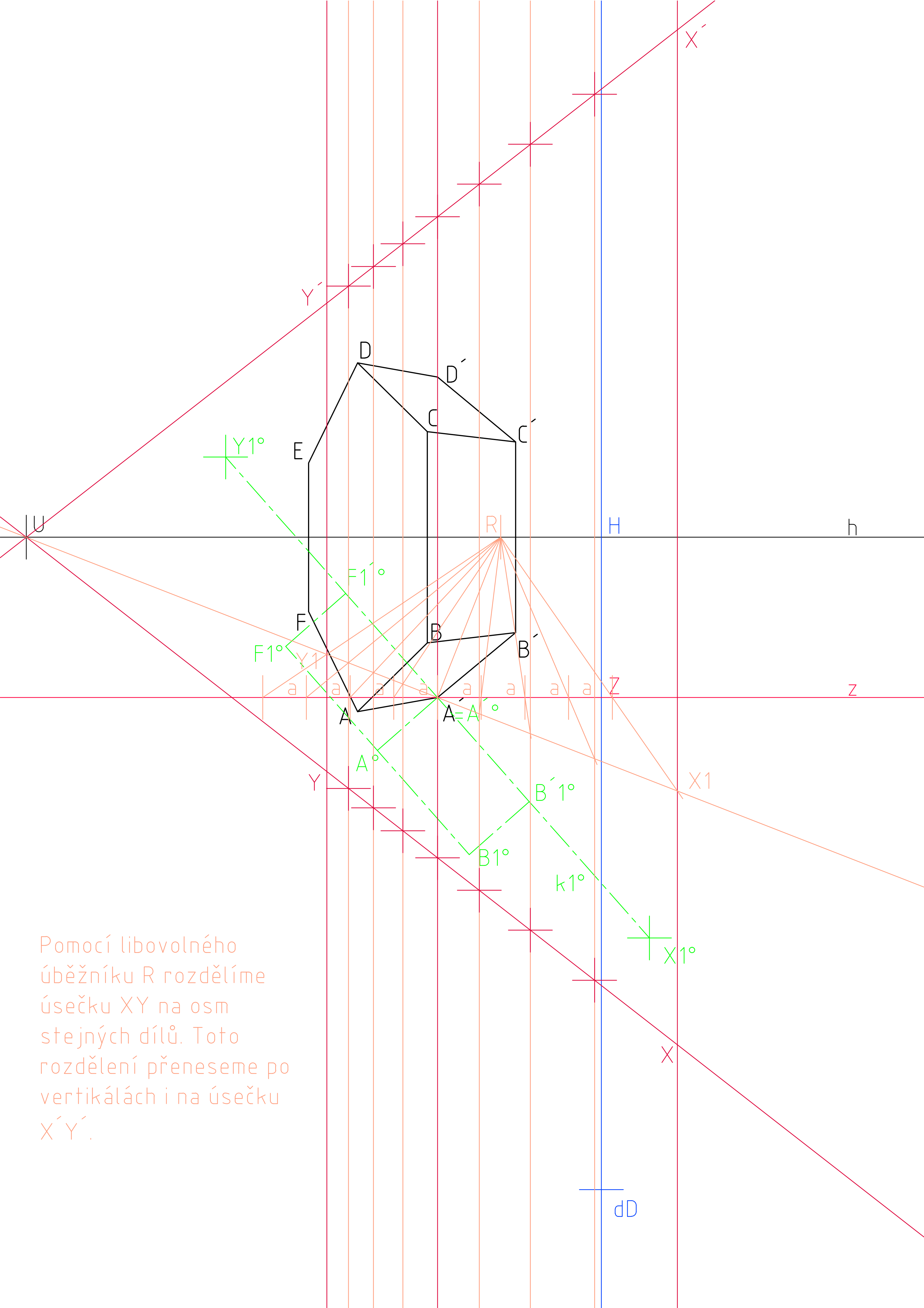


Sestrojíme půdorys podložky k1°. Průměr kružnice k (okraj podložky) je dvojnásobkem průměru šestiúhelníka ABCDEF. Protože jsme základnici zvolili tak, že prochází bodem A´, je velikost úsečky A´D´ rovna poloměru kružnice k.

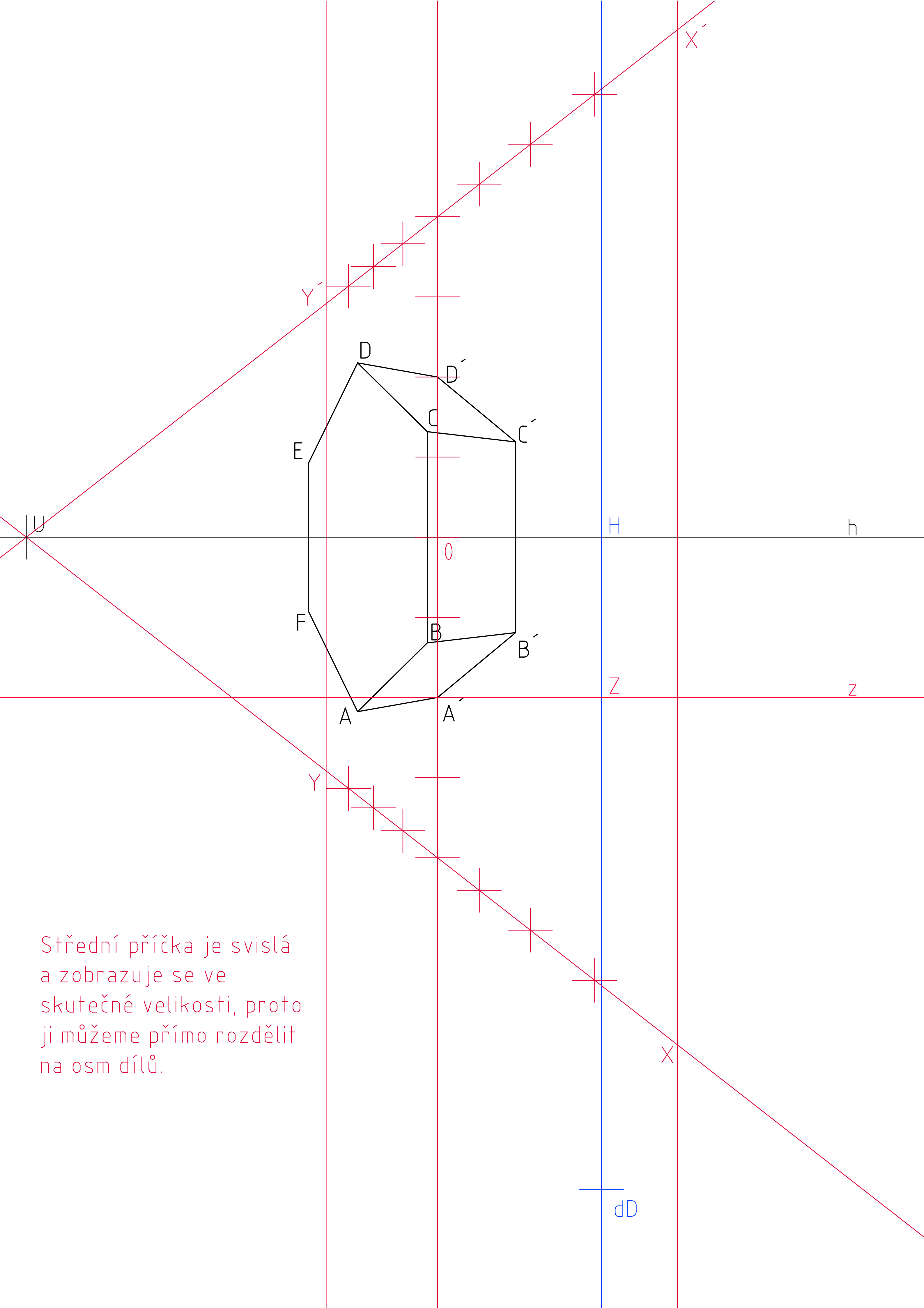


Potřebujeme zobrazit kružnici – podložku. Obraz kružnice sestrojíme pomocí příčkové konstrukce. Hledáme perspektivní průmět čtverce, kterému je hledaná kružnice vepsaná.

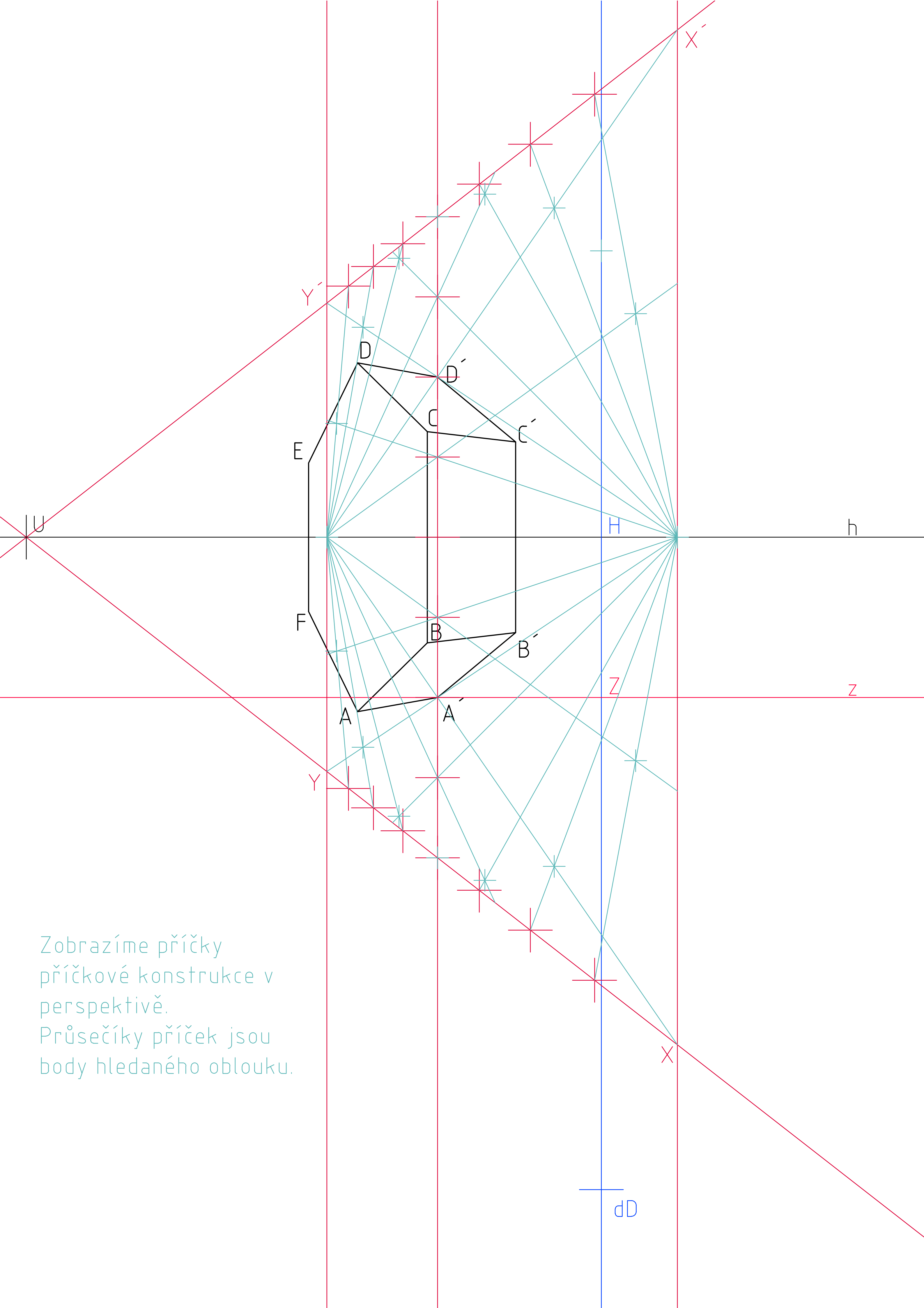
Hledaný čtverec XYY´X´ sestrojíme pomocí úběžníku U a svislé střední příčky čtverce XYY´X´ , která leží na přímce A´D´. Bod O je střed úsečky A´D´. Velikost úsečky OI a OII je poloměr kružnice k.



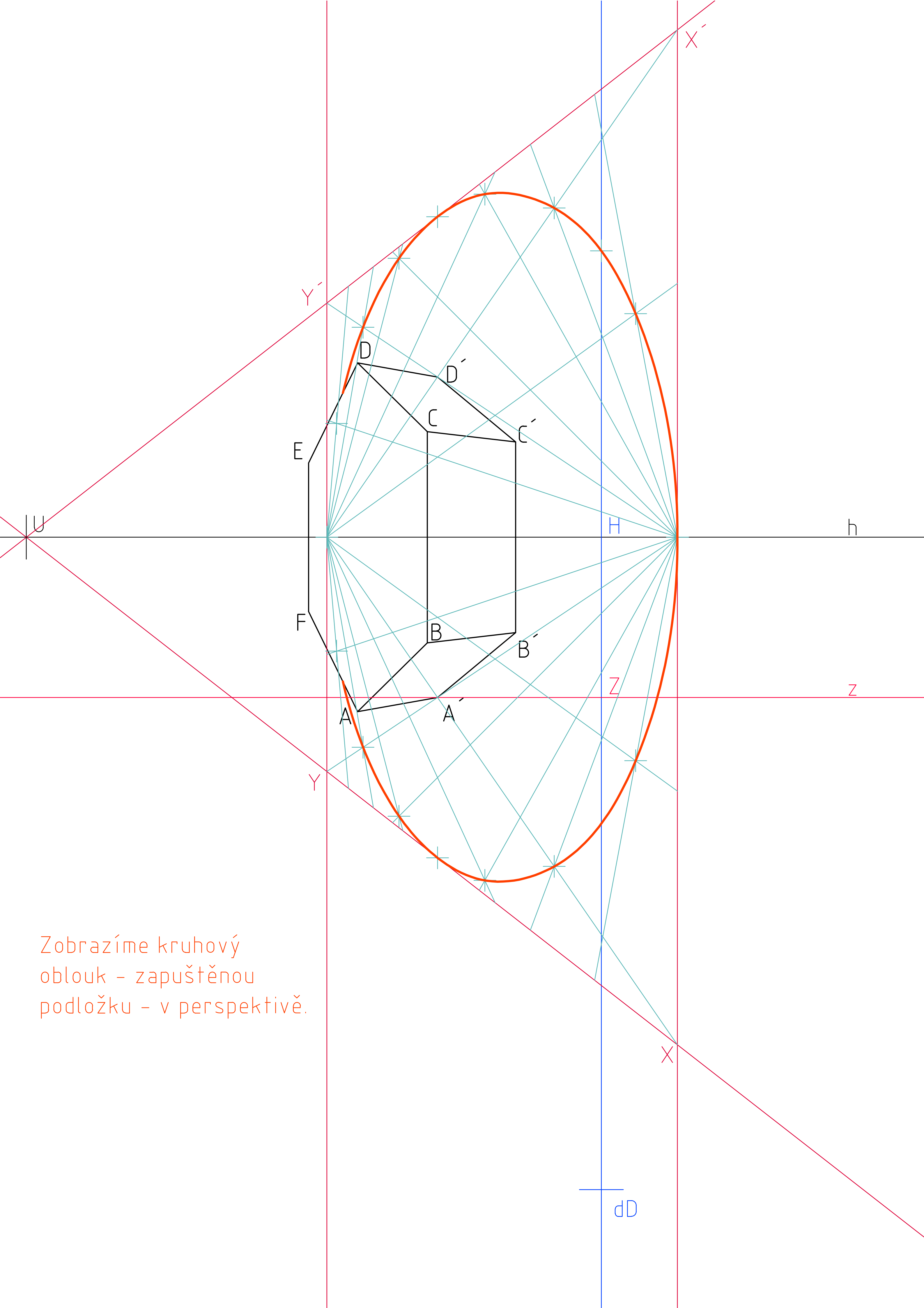
Pomocí libovolného úběžníku R rozdělíme úsečku XY na osm stejných dílů. Toto rozdělení přeneseme po vertikálách i na úsečku X´Y´.



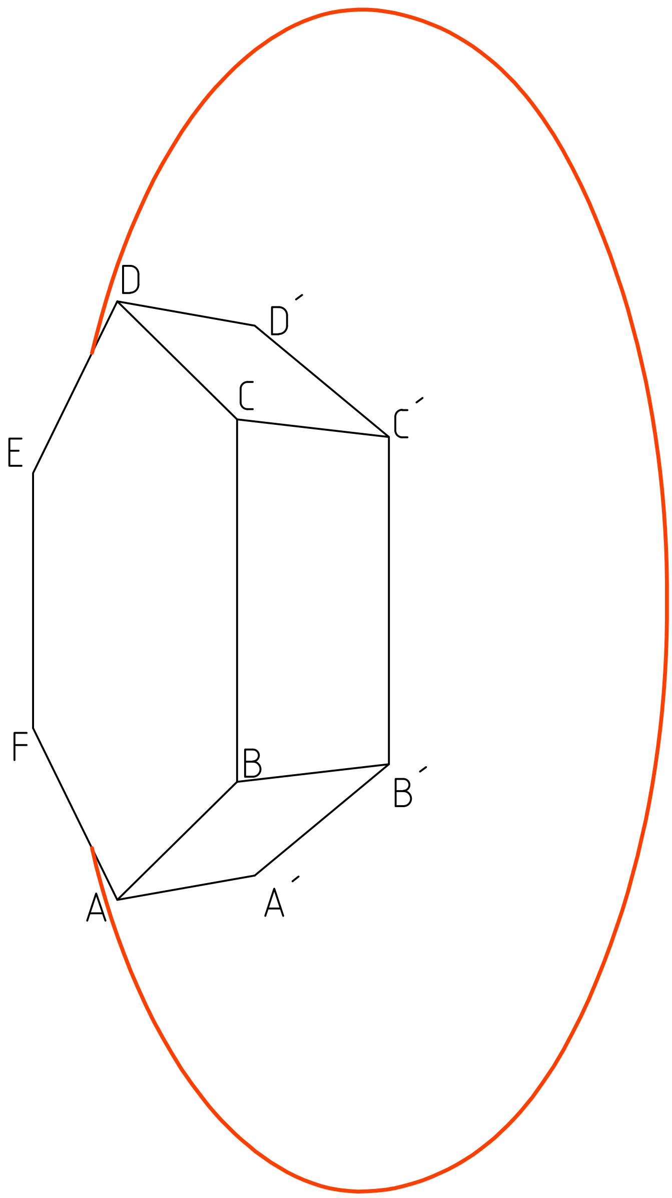
Střední příčka je svislá a zobrazuje se ve skutečné velikosti, proto ji můžeme přímo rozdělit na osm dílů.



Zobrazíme příčky příčkové konstrukce v perspektivě.
Průsečíky příček jsou body hledaného oblouku.



Zobrazíme kruhový
oblouk – zapuštěnou
podložku – v perspektivě.



D
D´
C
C´
E
F
B
B´
A
A´