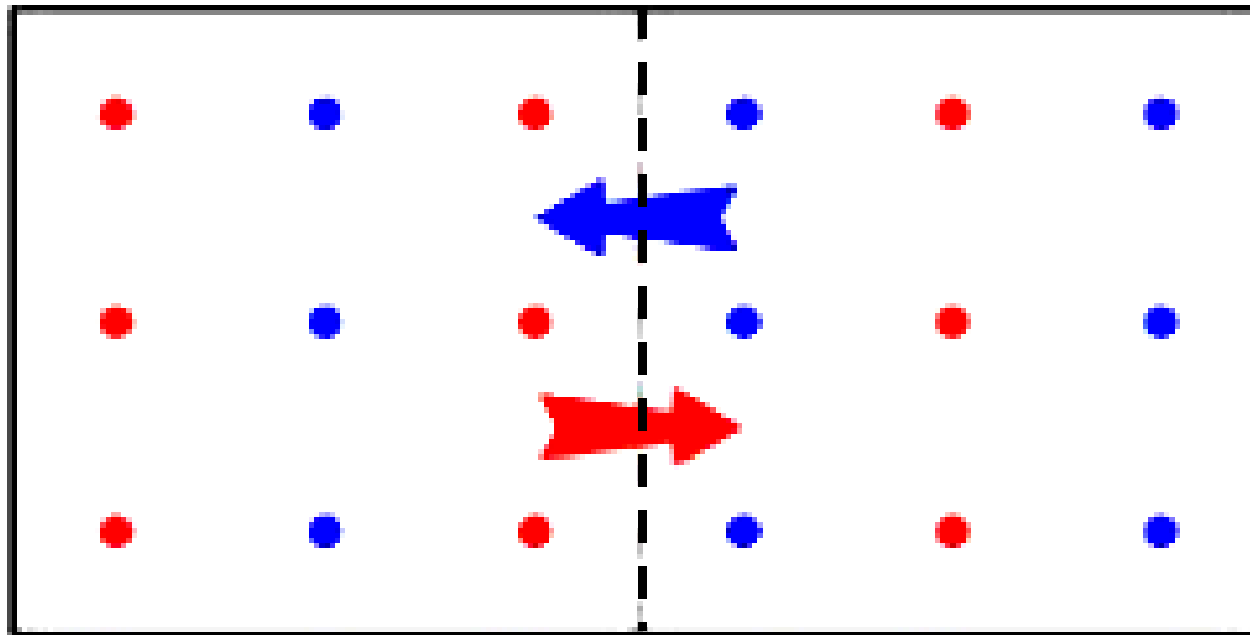


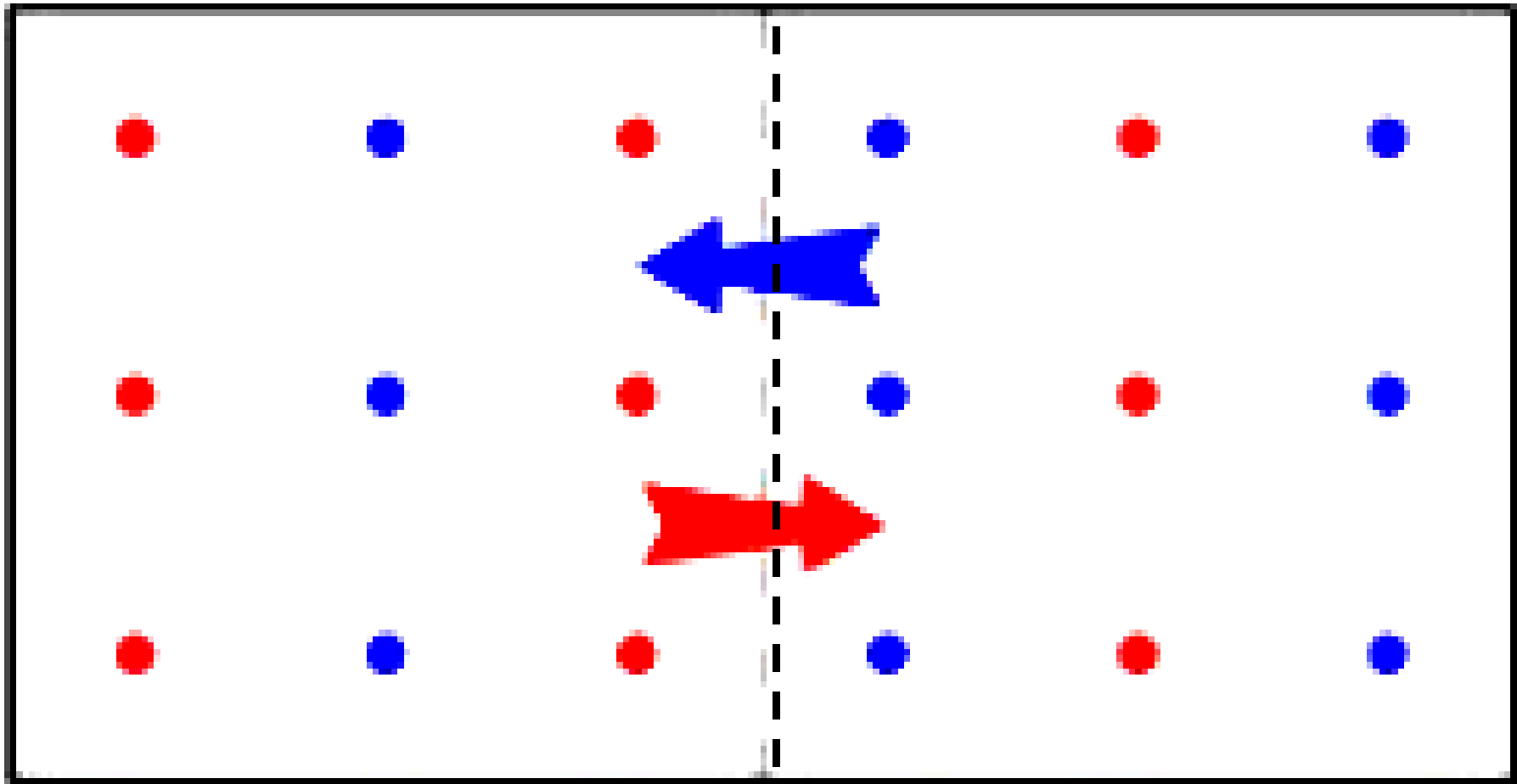
## Páradiffúzió a határolószervezeten át

Transzport folyamat, amelyben csak a vezetést vizsgáljuk, az átadási ellenállások oly kicsinyek, hogy gyakorlatilag elhanyagolhatóak.

Az áramot előidéző potenciálkülönbség a vízgőz parciális nyomásainak különbsége az épület és a környezet között.



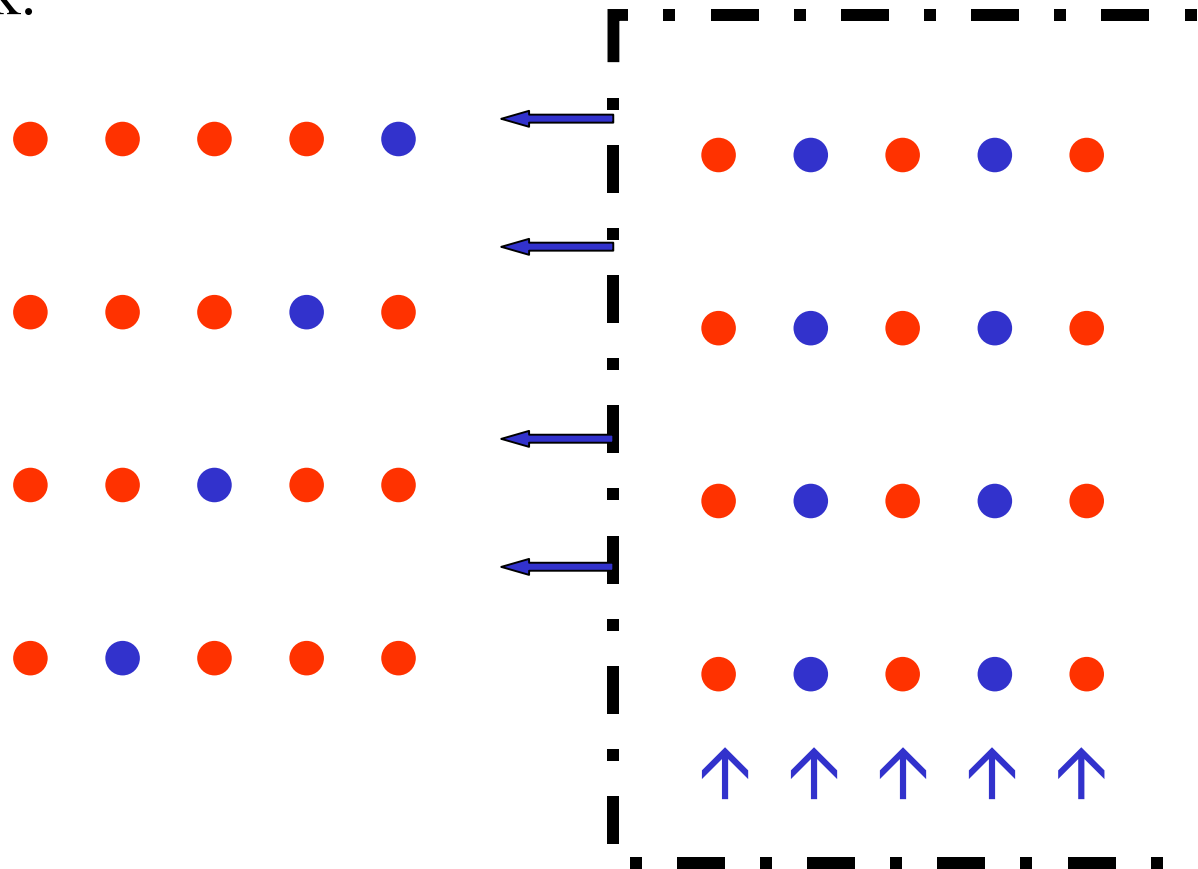
Ha a két térfélben az össznyomások azonosak is, de a parciális nyomások különbözőek, ez utóbbi miatt megindul a keverék összetevőinek árama (Dalton törvénye)



Télen a helyiség levegőjében a vízgőz résznyomása nagyobb, mint a külső levegőben.

A határolószerkezeteken át vízgőz áram jön létre (diffúzió) .

A kiegyenlítődés nem következik be, mert a helyiségben vízgőz források (ember, háztartás, technológia) folyamatos utánpótlást termelnek.



A diffúziós áram egy anyagban a diffúziós vagy páravezetési tényezőtől függ. Értelmezése a hővezetési tényezőéhez hasonló: az egységnyi élhosszúságú kocka két szemközti lapja között a parciális nyomáskülönbség egységnyi. A diffúziós tényező azt fejezi ki, hogy egységnyi idő alatt mennyi vízgőz halad át a két lap között.

Mértékegysége kg/msPa

Szokásos jele:  $\delta$

Igen kis mennyiségekről lévén szó, megadása gyakorta  $x \cdot 10^{-y}$  formában történik.

Párhuzamos síkokkal határolt szerkezetek esetén egy réteg diffúziós ellenállása egyenesen arányos a vastagsággal és fordítottan a diffúziós tényezővel:

$$R_{\delta} = \frac{d}{\delta}$$

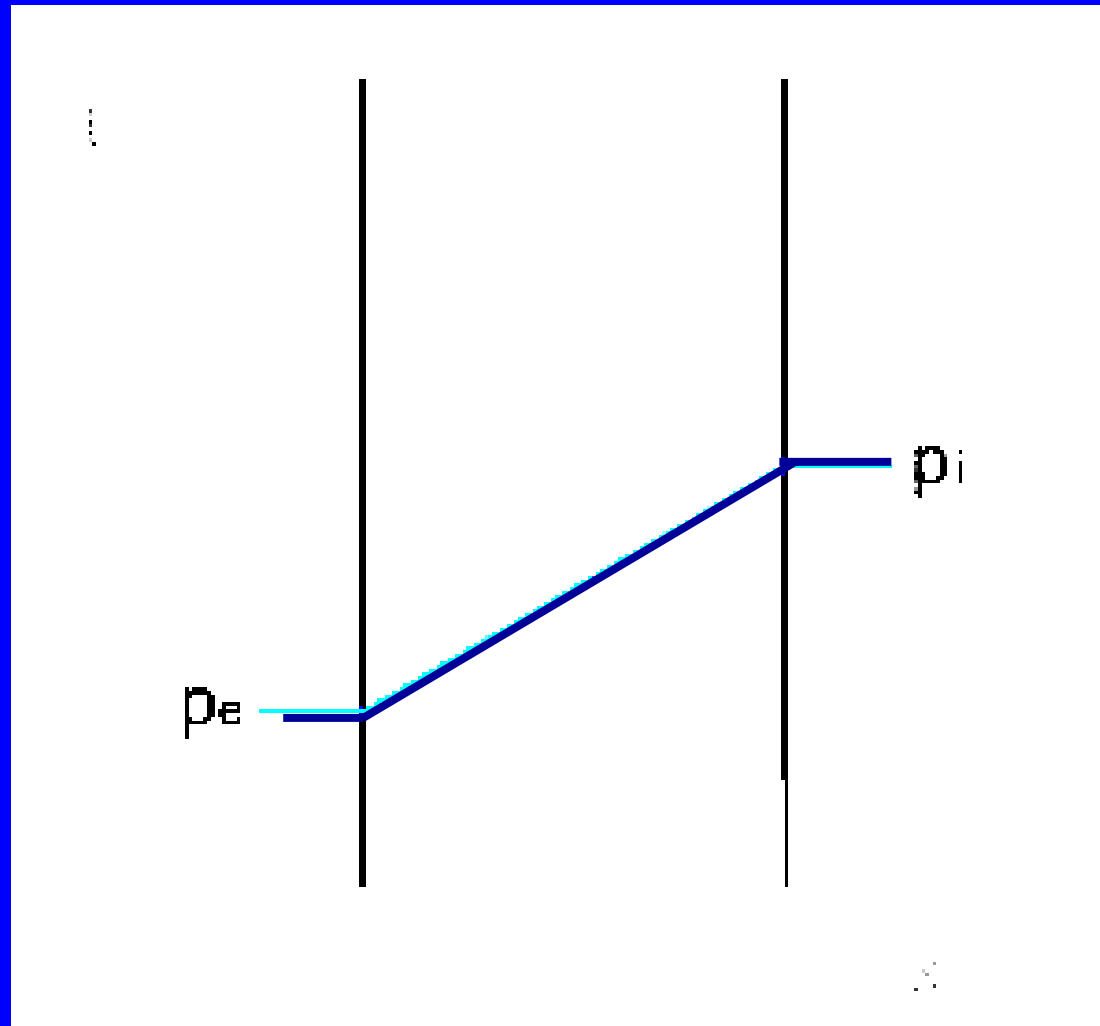
Többrétegű szerkezet eredő ellenállása az egyes rétegek ellenállásainak összege.

Az átadási ellenállások elhanyagolhatóan kicsinyek, ezért a felületeken gyakorlatilag ugyanakkora a parciális vízgőznyomás, mint a felülettel érintkező levegőben.

Időben állandósult és lecsapódásmentes páradiffúzió esetén a homlokfelülettel párhuzamos bármely síkon és bármely rétegen át ugyanaz a vizgőzáram halad át.

Ha egy réteg diffúziós ellenállása nagyobb, akkor az áram „áthajtásához” nagyobb nyomáskülönbségre van szükség.

Az átadási ellenállások elhanyagolhatóan kicsinyek, ezért a felületeken gyakorlatilag ugyanakkora a parciális vízgőznyomás, mint a felülettel érintkező levegőben.



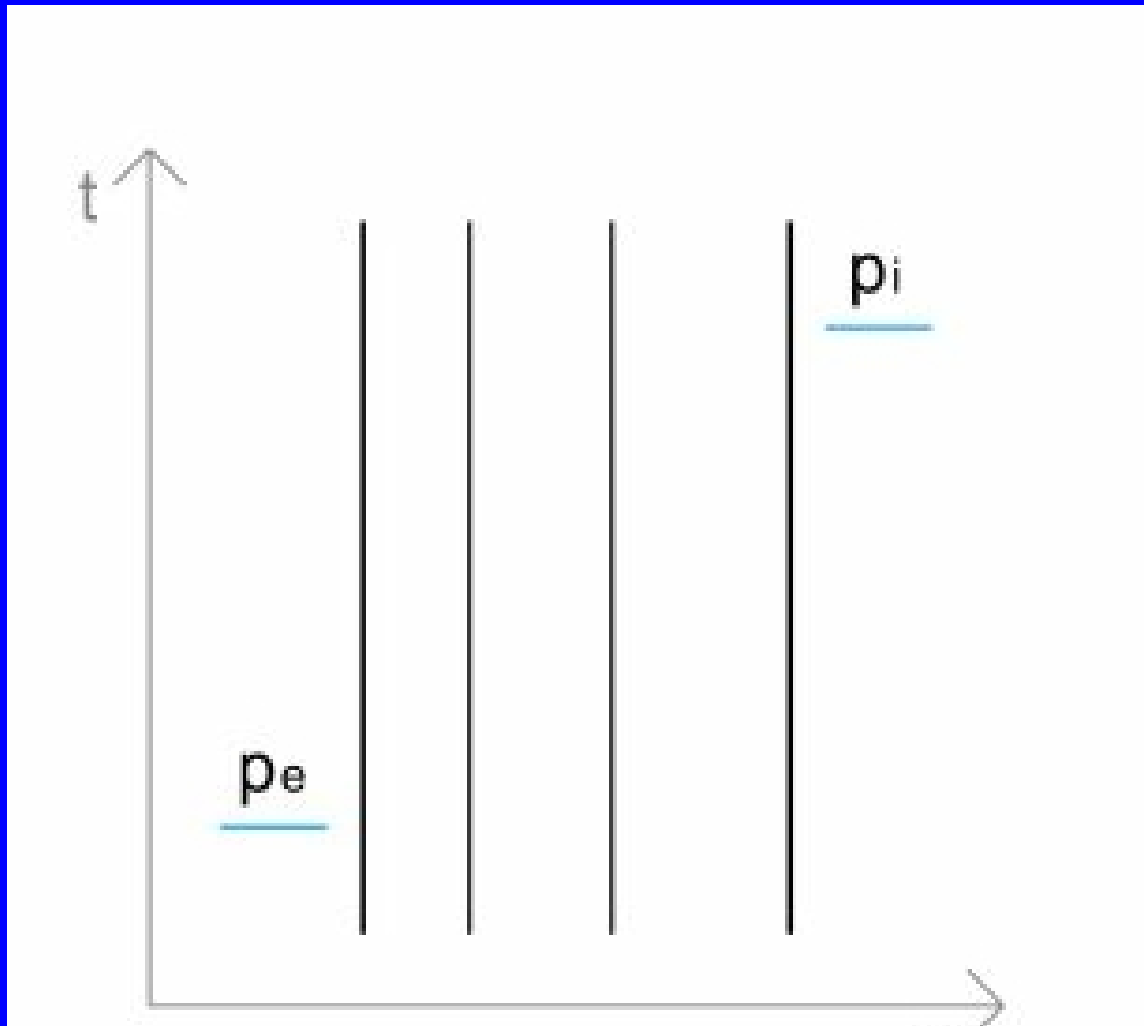
Többrétegű szerkezetekben az egyes rétegekre jutó  $\Delta p_j$  nyomáskülönbség úgy aránylik a teljes  $(p_i - p_e)$  nyomáskülönbséghez, ahogyan a réteg diffúziós ellenállása aránylik a teljes szerkezet összes ellenállásához:

$$R_{\delta j} / R_{\delta \text{ö}} = \Delta p_j / (p_i - p_e)$$

Ennek alapján a réteghatárokon a parciális nyomás értéke számítható: a teljes nyomáskülönbséget olyan arányban osztjuk el az egyes rétegek között, ahogyan a rétegek diffúziós ellenállása aránylik a szerkezet összes diffúziós ellenállásához.

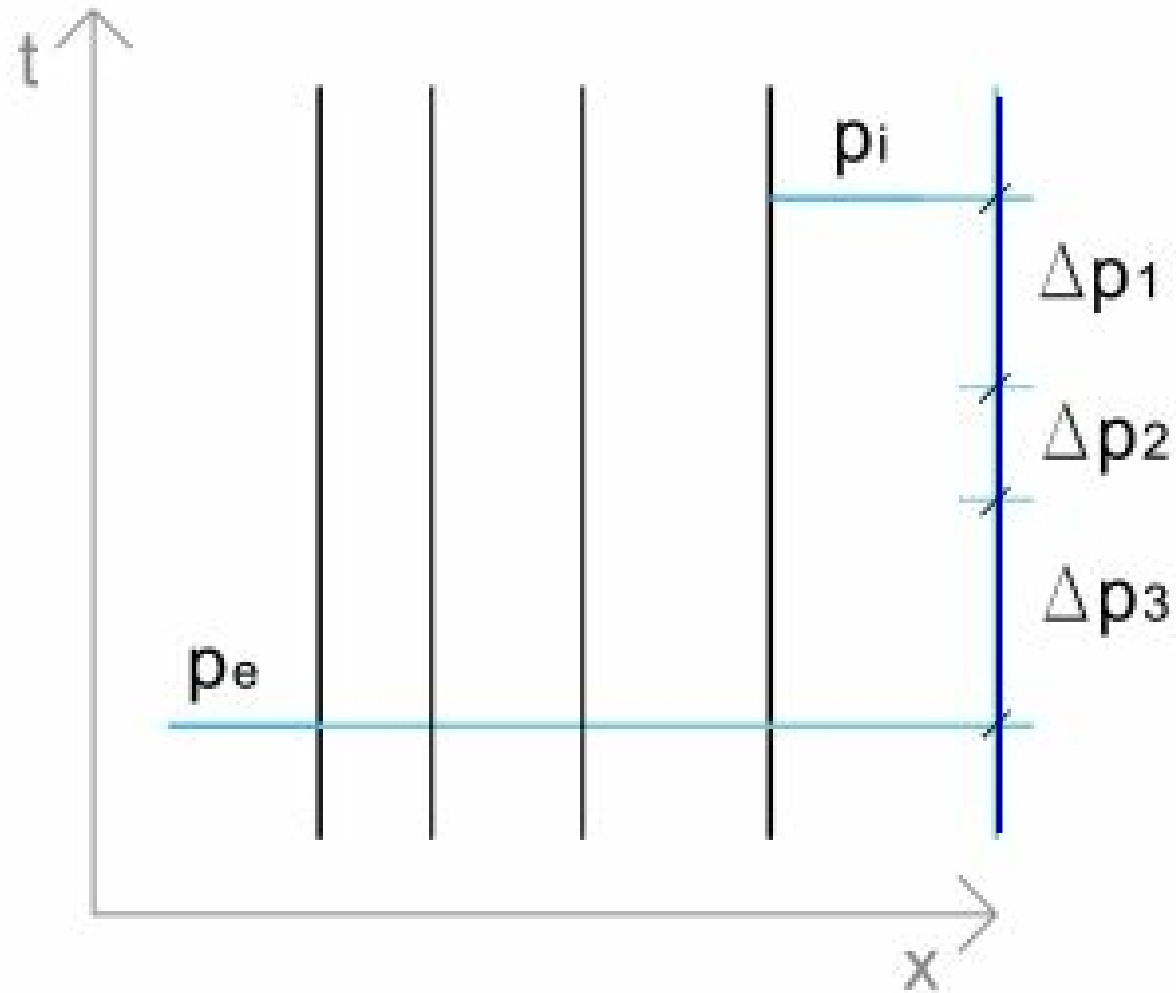
A parciális nyomáseloszlás vonala egy homogén rétegen belül egyenes.

A belső és a külső oldalon a parciális vízgőznyomások tervezési értéke adott - az elhanyagolható felületi ellenállások miatt a felületeken is ugyanezek az értékek uralkodnak.

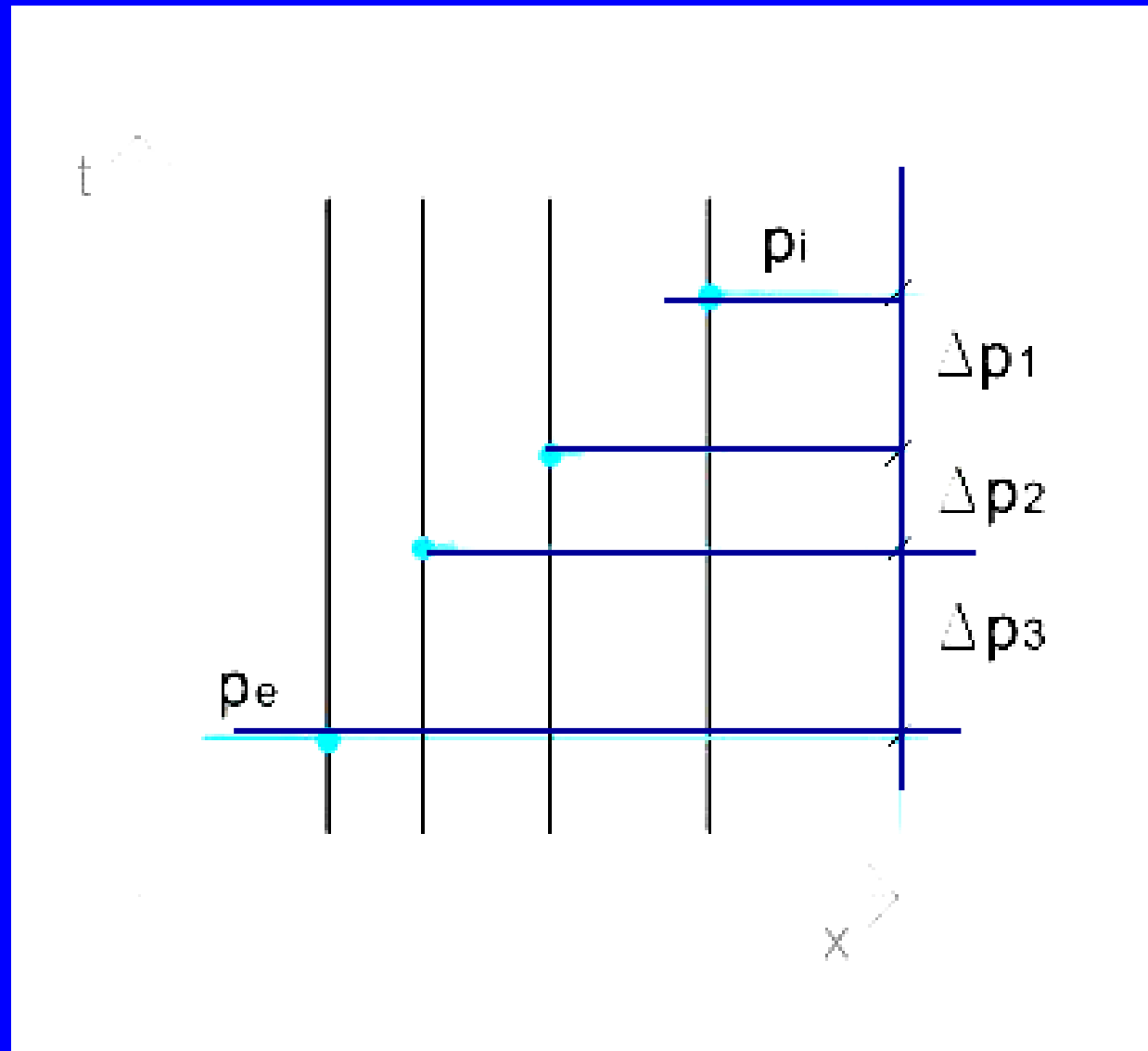




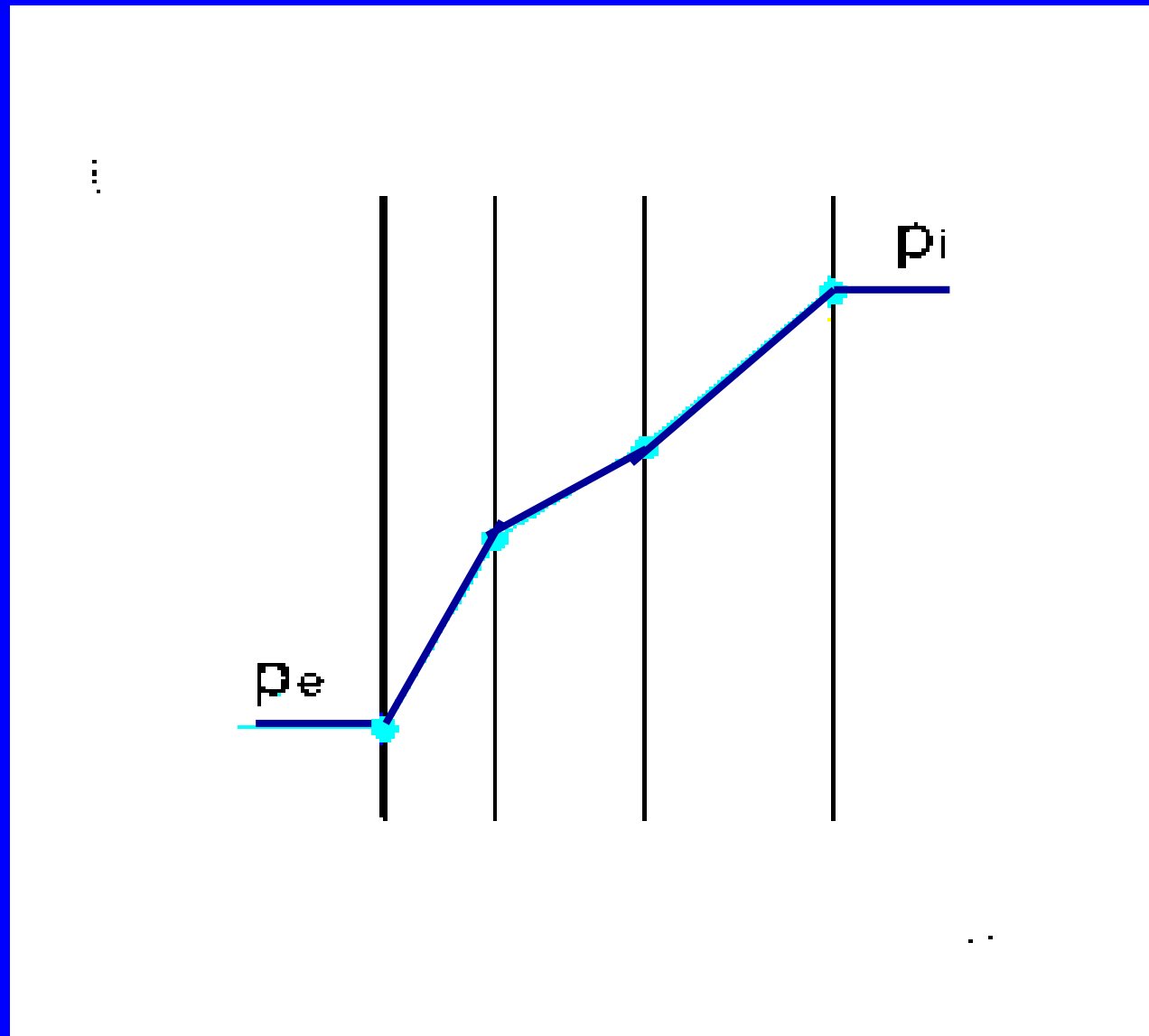
A nyomáskülönbség osztása az ellenállások arányában:



A nyomásértékek kijelölése a réteghatárokon:



Egy homogén rétegben a nyomásesés lineáris, a vonal meredeksége arányos a vízgőz-árammal:



A vízgőz a szerkezeten át kifelé mozogva egyre hidegebb és hidegebb rétegekbe jut, ahol a lehetséges parciális nyomás (a telítési nyomás) értéke a hőmérséklet függvényében egyre kisebb és kisebb.

A diffúziós ellenállás okán a vízgőz résznyomása belülről kifelé haladva egyre kisebb és kisebb lesz.

A vizsgálat célja annak megállapítása, hogy a diffúziós ellenállások alapján *számított* parciális vízgőznyomás hogyan viszonyul a hőmérséklet függvényében meghatározott telítési nyomáshoz.

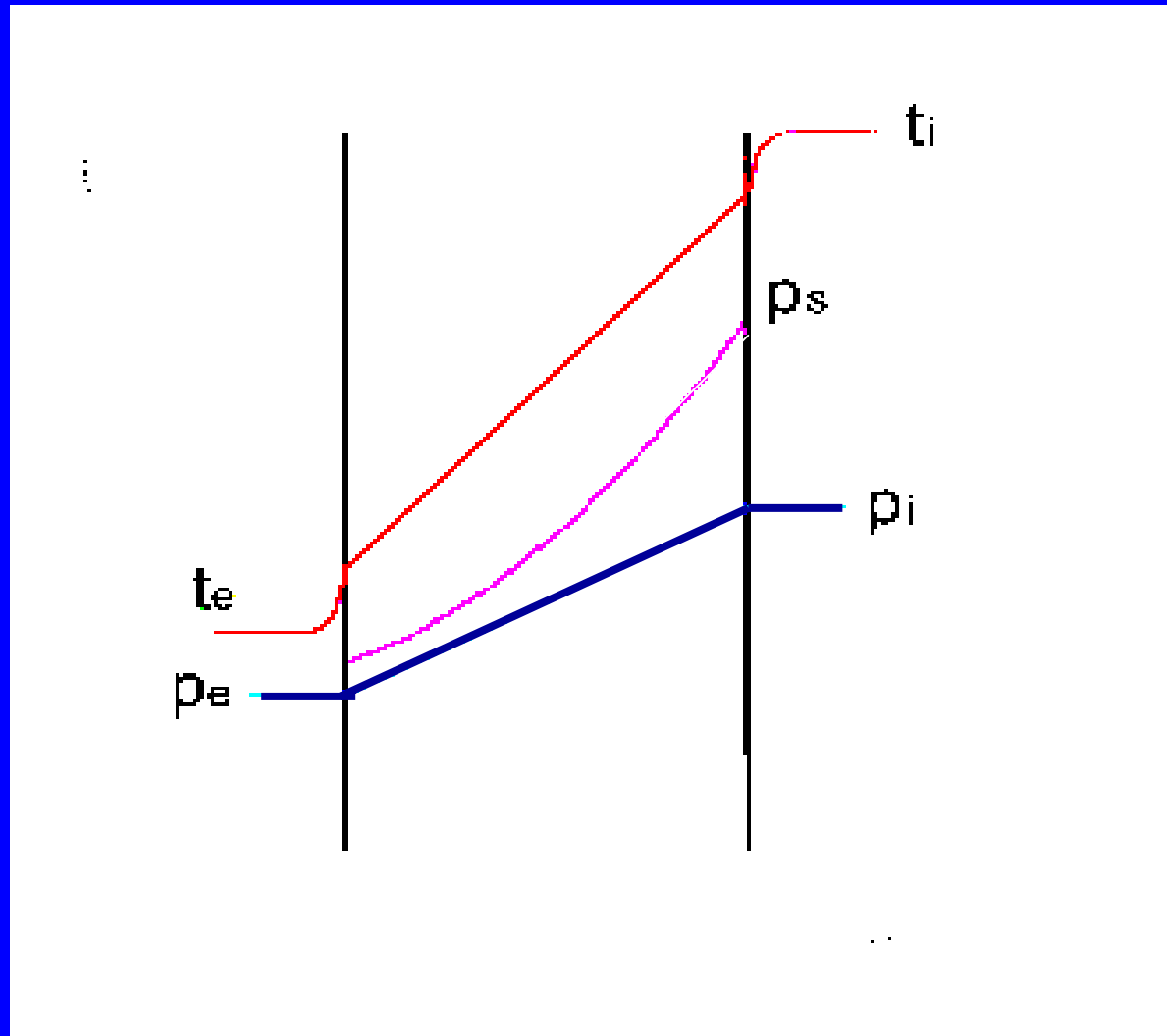
A kérdés:

**a számított érték nem haladja-e meg a telítési értéket ?**

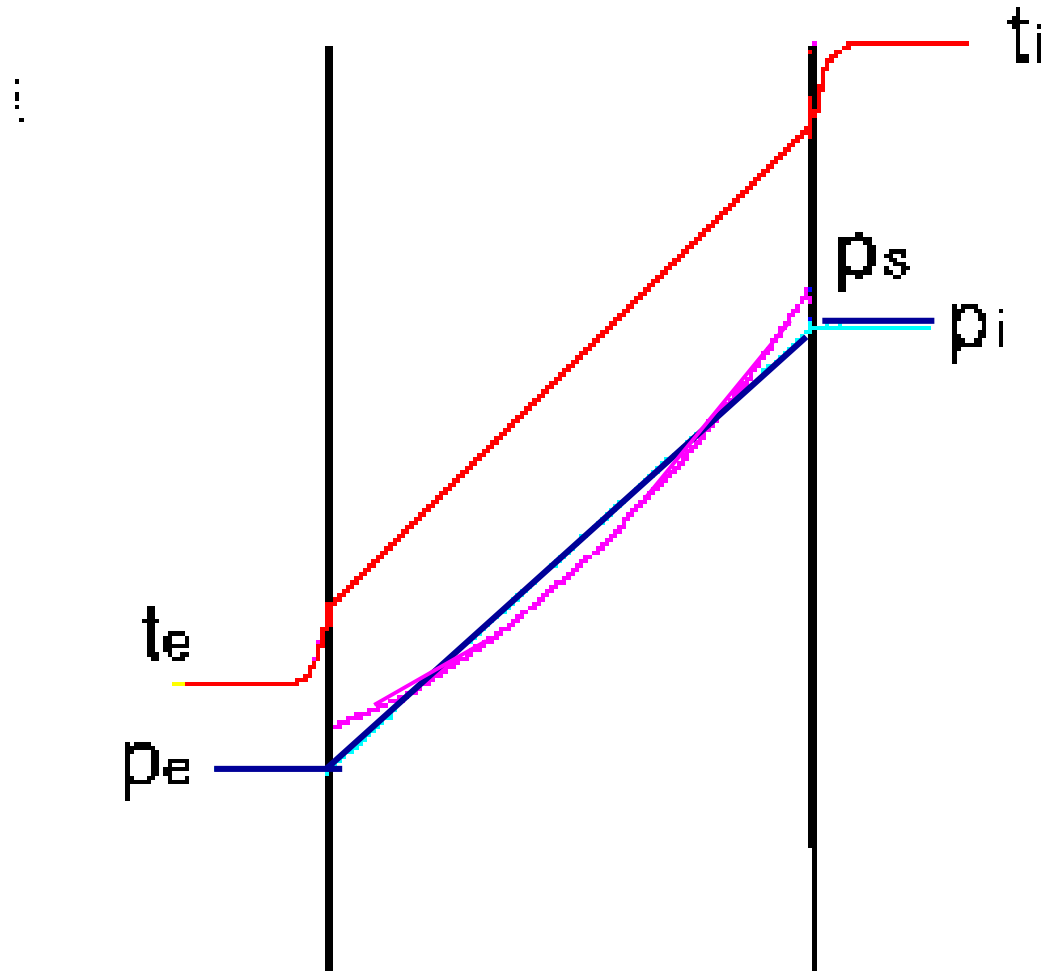
Mert ha igen, akkor ez a lecsapódás veszélyét jelzi.

A lecsapódó nedvesség korróziót, korhadást, kifagyást okoz, rontja a hőszigetelőképeséget, ezzel öngerjesztő folyamat indul meg, a szerkezet egyre nedvesebb lesz, rosszabbul szigetel, hőmérséklete még alacsonyabb lesz, még több nedvesség csapódik ki.....

A fal keresztmetszetébe berajzoljuk a hőmérsékleteloszlás vonalát, ennek függvényében a telítési görbéről ( $p_s-t$  diagramból) pontról pontra (!) a telítési nyomás értékét: jó esetben a számított nyomás értékre mindenhol ez alatt marad, lecsapódás nem várható.



Előfordulhat, hogy a számított és a telítési nyomás vonalai egymást átmetszik - **de a nyomás sehol sem haladhatja meg a telítési értéket!**

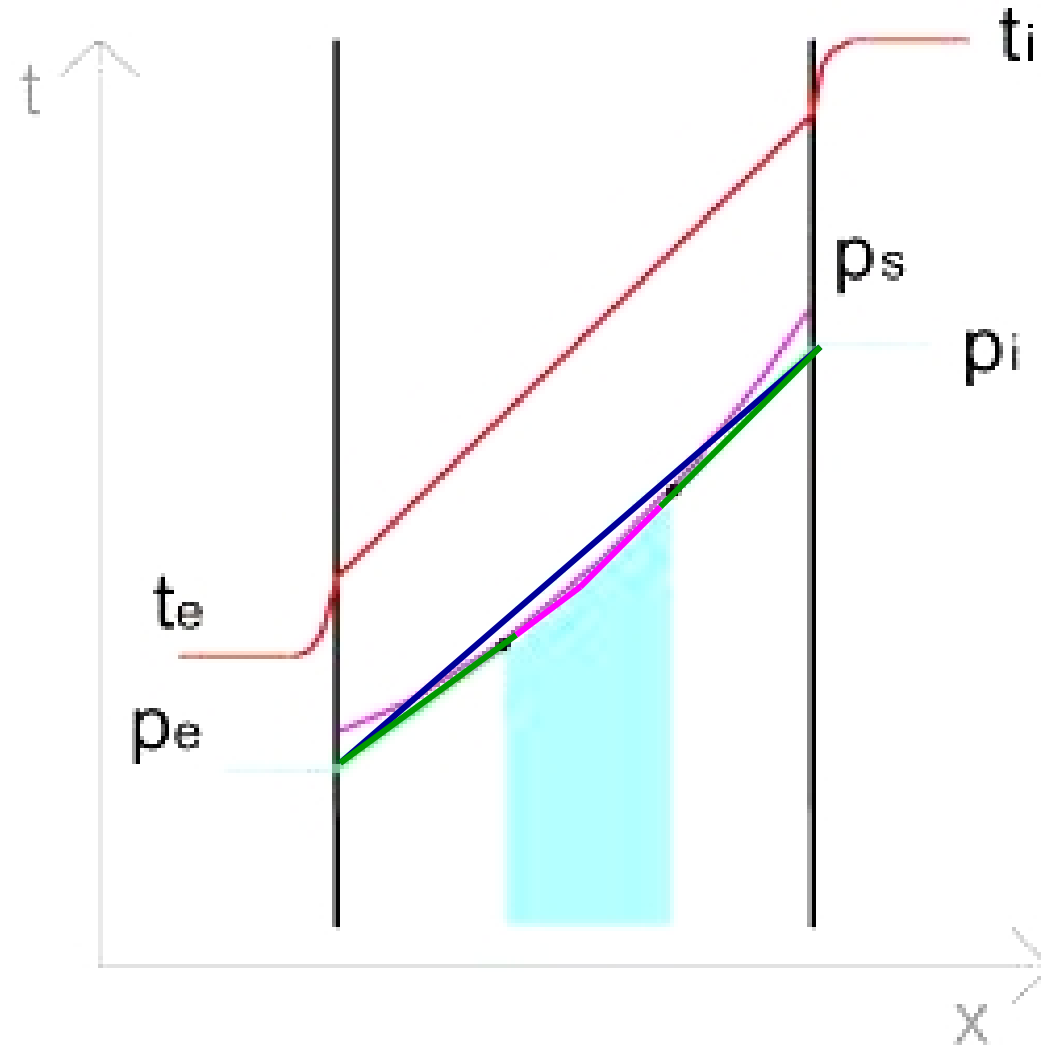


Olyan **módosított nyomáseloszlási vonalat** kell szerkeszteni, amelyre teljesülnek az alábbiak:

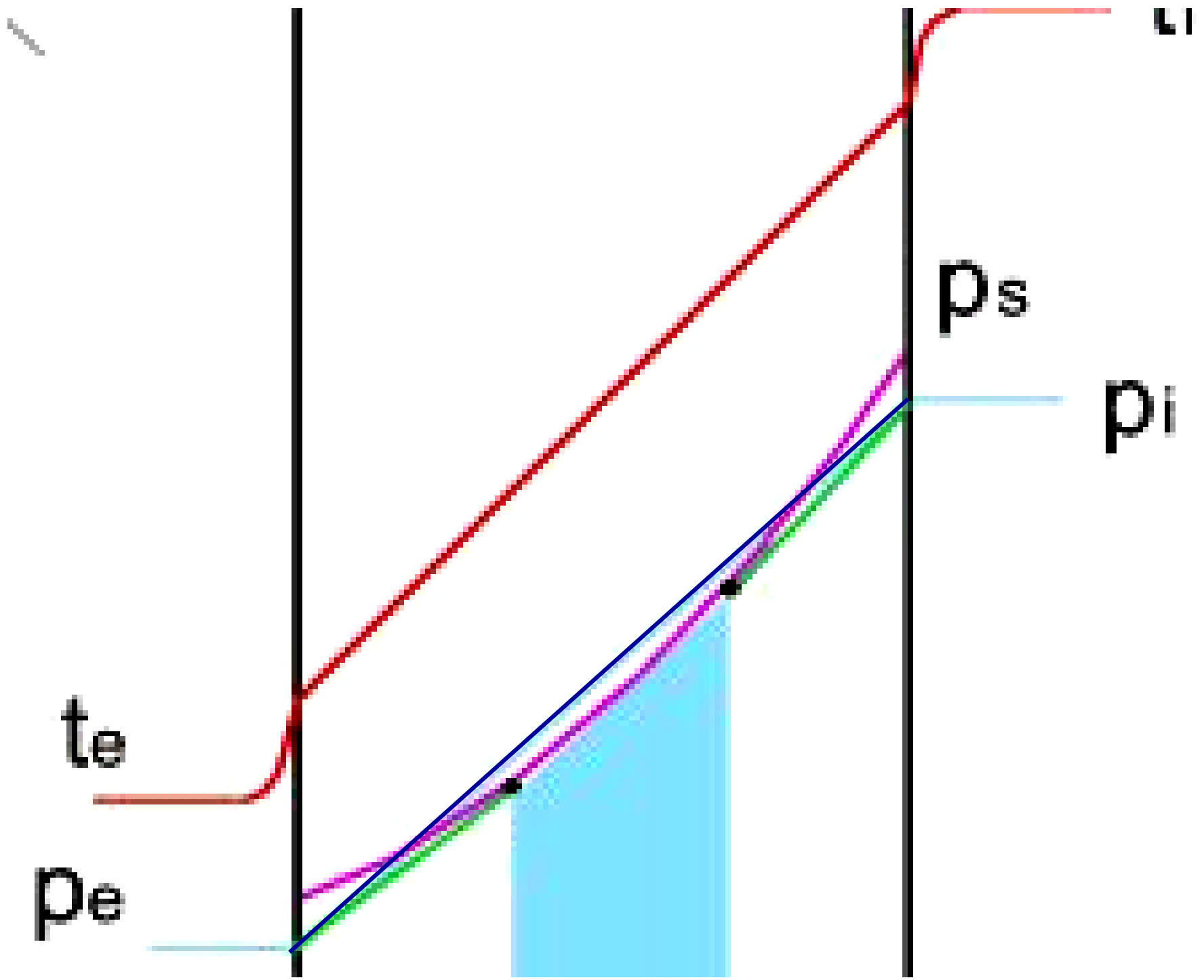
- $p \leq p_s$ ,
  - a nyomásesés vonalában ugrásszerű meredekségváltozás nincs, hiszen az az áram ugrásszerű változására utalna,
  - a belépo áram nagyobb, mint a kilépo
- a ketto különbsége az időegység alatt lecsapódott vízhoz.

A fenti feltételeknek a telítési görbéhez húzott érintőkkel lehet eleget tenni.

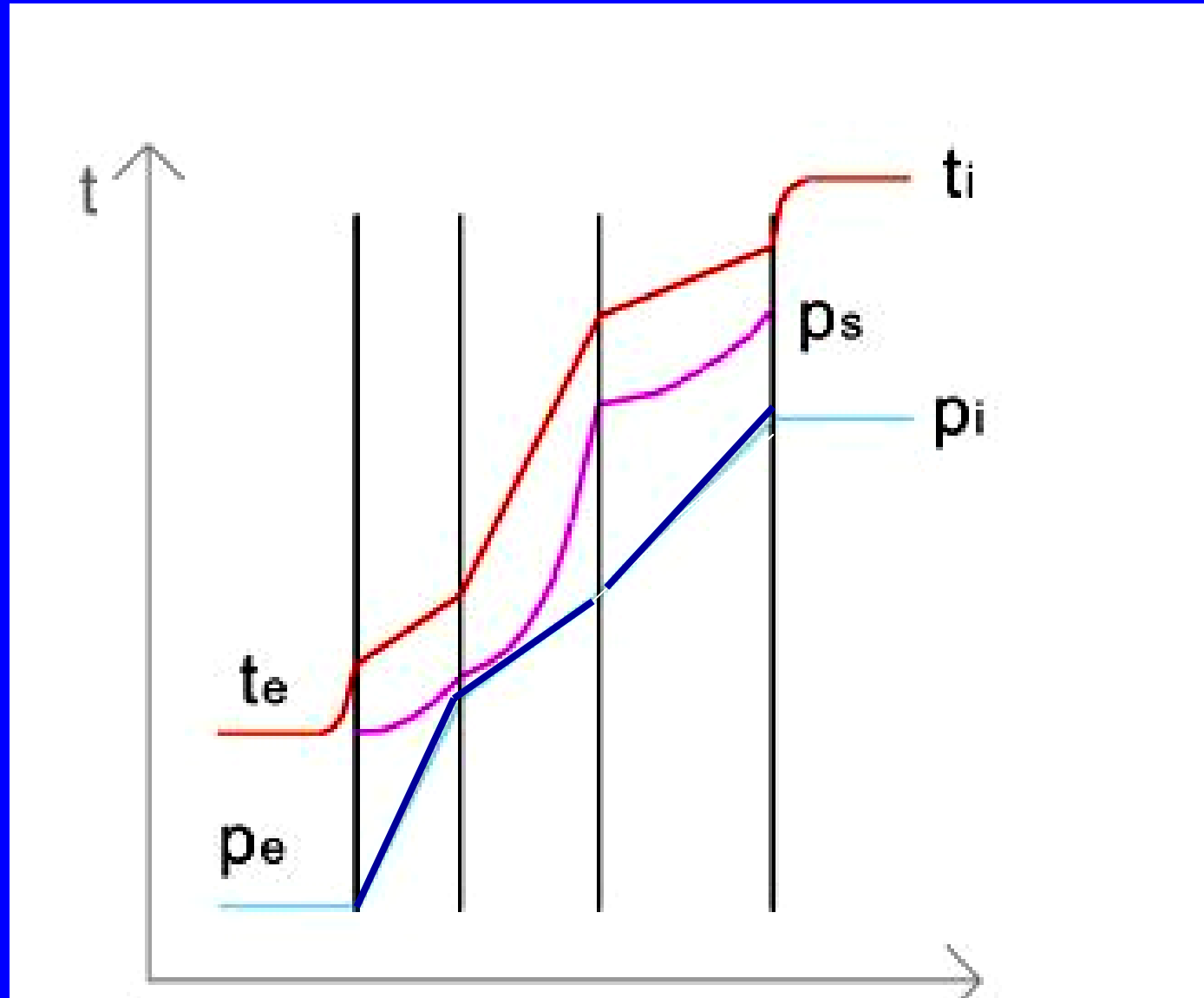
Az érintőket a felületeken adott nyomásnak megfelelő pontokból húzzuk







Többrétegű szerkezetre az eljárás hasonló. A telítési nyomás vonala jellegében követi a hőmérsékleteloszlás vonalát.



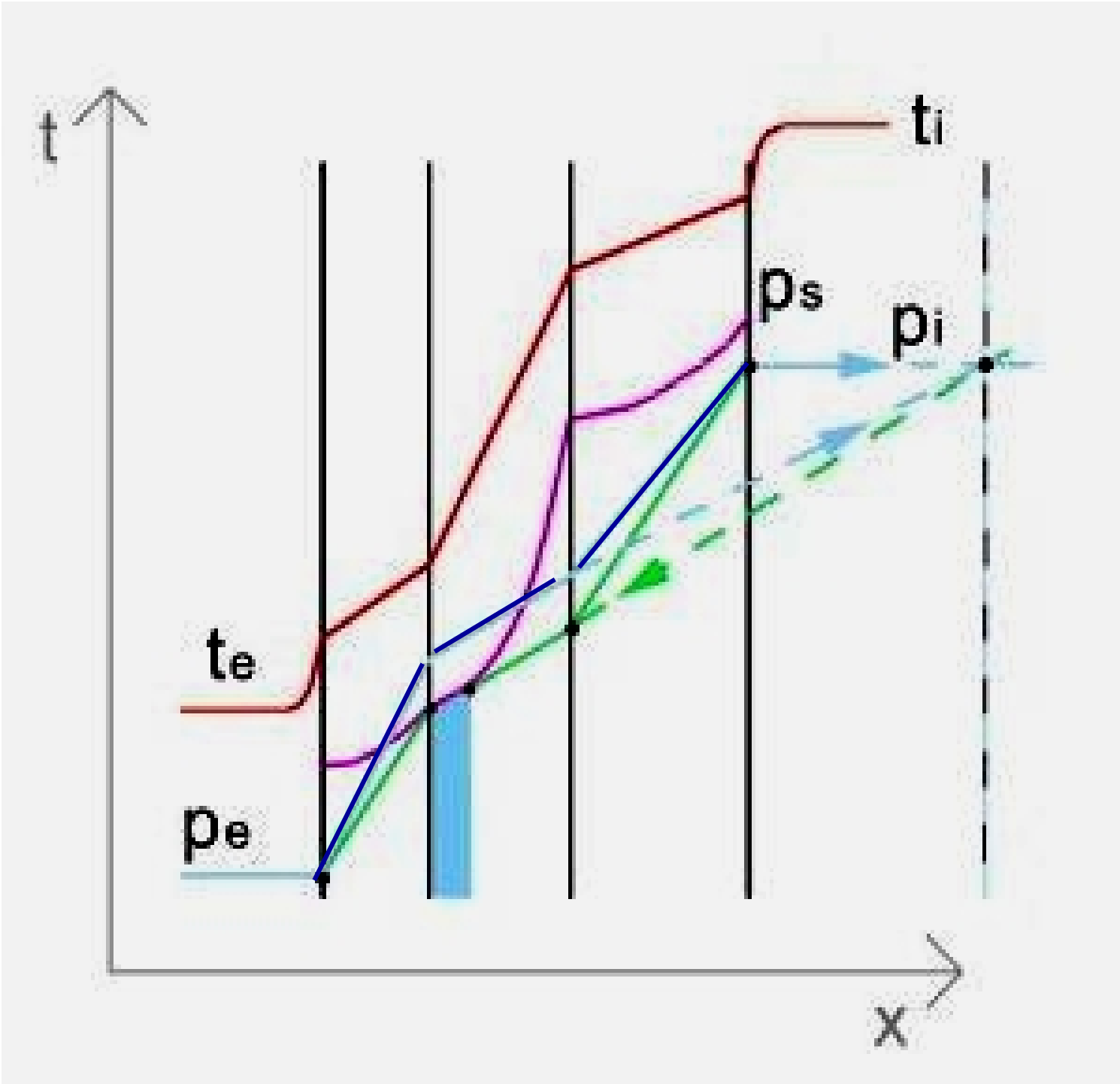
## Módosított nyomáseloszlás

Előfordulhat, hogy a többrétegű szerkezetben a számított nyomás vonala metszi a telítési nyomás vonalát. Ha ez egyik szélső rétegben fordul elő, a felülethez tartozó pontból érintőt húzunk a telítési görbéhez. Ha nem lehet érintőt húzni, akkor a réteghatáron lévő ponthoz illesztjük a vonalat.

A nyomáseloszlás vonalának meredeksége arányos a vízgőzárammal. A réteghatárokon azonban töréspont megengedett, hiszen ott az anyag (a páravezetési) tényező is változik.

Ha az átmetszés közbenső rétegben fordul elő, feltételezzük, hogy a szomszédos réteg ugyanolyan anyagból készült, kijelöljük, hogy abból milyen vastagság eredményezne azonos páravezetési ellenállást. Így kapjuk azt a pontot, ahonnan az érintőt „indítani” kell, az érintőnek az érintési pontot tartalmazó szakasza a módosított nyomáseloszlás szakasza.

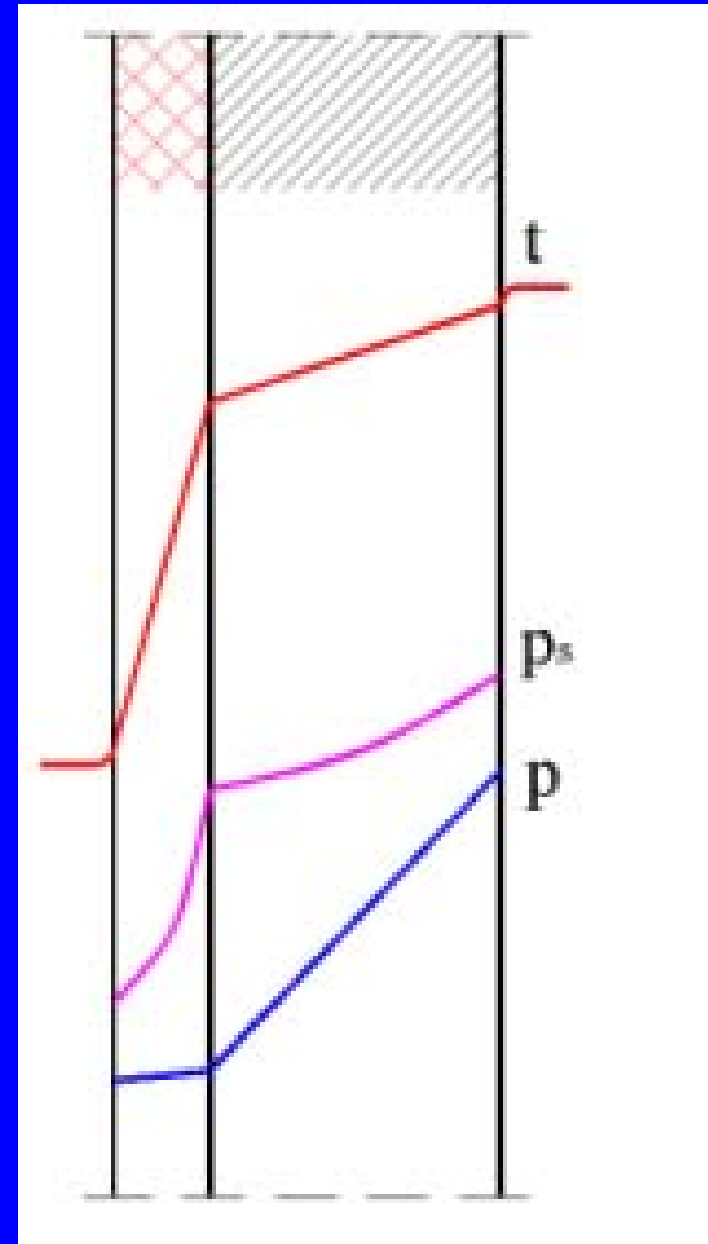
A felülethez tartozó és a réteghatáron lévő pontot összekötő egyenes a módosított nyomáseloszlás vonalának a további szakasza.



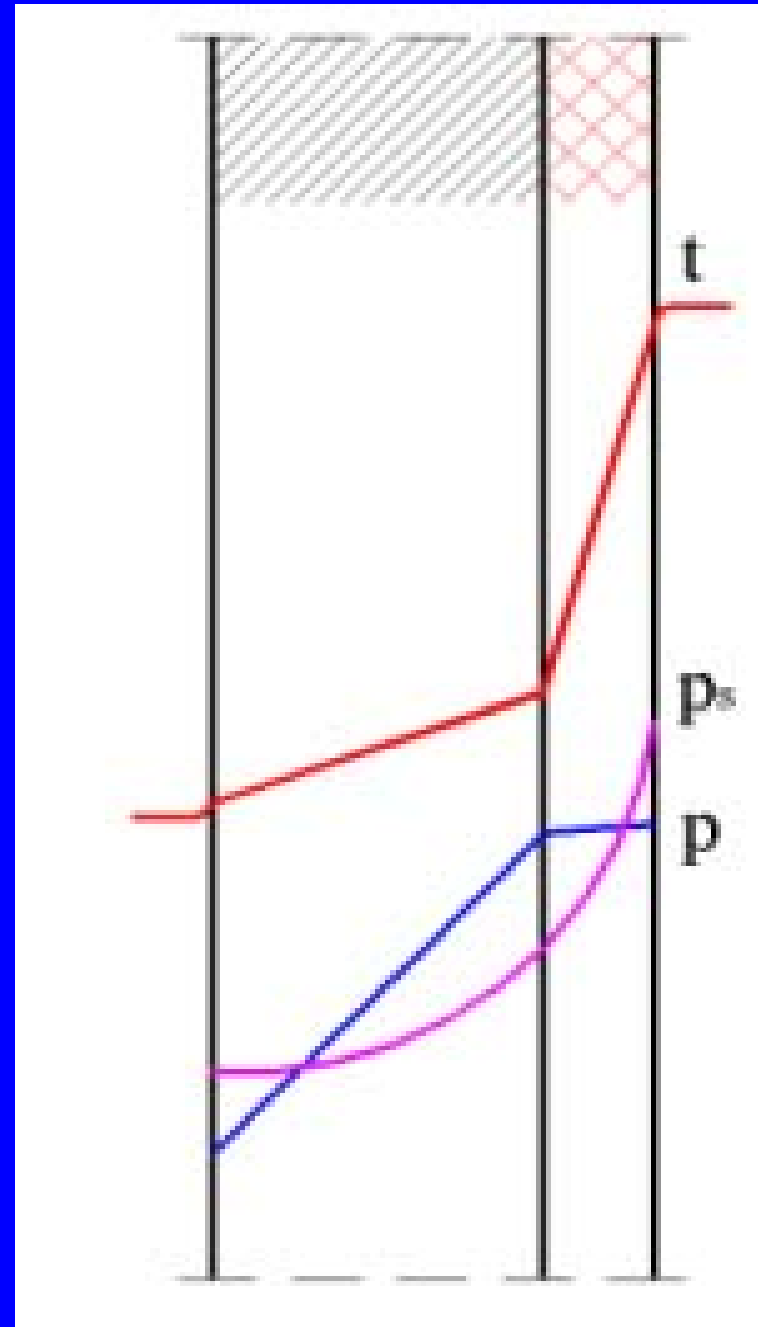
A külső oldalon hőszigetelt szerkezetekben a nyomáseloszlás kedvező: a teherhordó réteg hővezetési ellenállása kicsi  $\Rightarrow$  magas hőmérséklet és telítési nyomás, a diffúziós ellenállás nagy,  $\Rightarrow$  a nyomás rohamosan csökken.

A hőszigetelő rétegek többségének a diffúziós ellenállása kicsi. A nagy hővezetési ellenállás miatt a hőmérséklet rohamosan csökken, de itt már a vízgőznyomás is alacsony.

A folytonos külső hőszigetelés a jó megoldás, de nem mindig alkalmazható meglévő épületek felújításakor.



A belső oldalon hőszigetelt szerkezetekben a nyomáseloszlás kedvezőtlen: a hőszigetelő rétegek többségének a diffúziós ellenállása kicsi, a nyomás magas, a nagy hővezetési ellenállás miatt a hőmérséklet és ezzel a telítési nyomás is rohamosan csökken. A teherhordó réteg diffúziós ellenállása nagy (torlasztó hatás). Párafékező réteg beépítésével meglévő épületek utólagos hőszigetelésére alkalmazható - igen gondos méretezést és kivitelezést igényel !



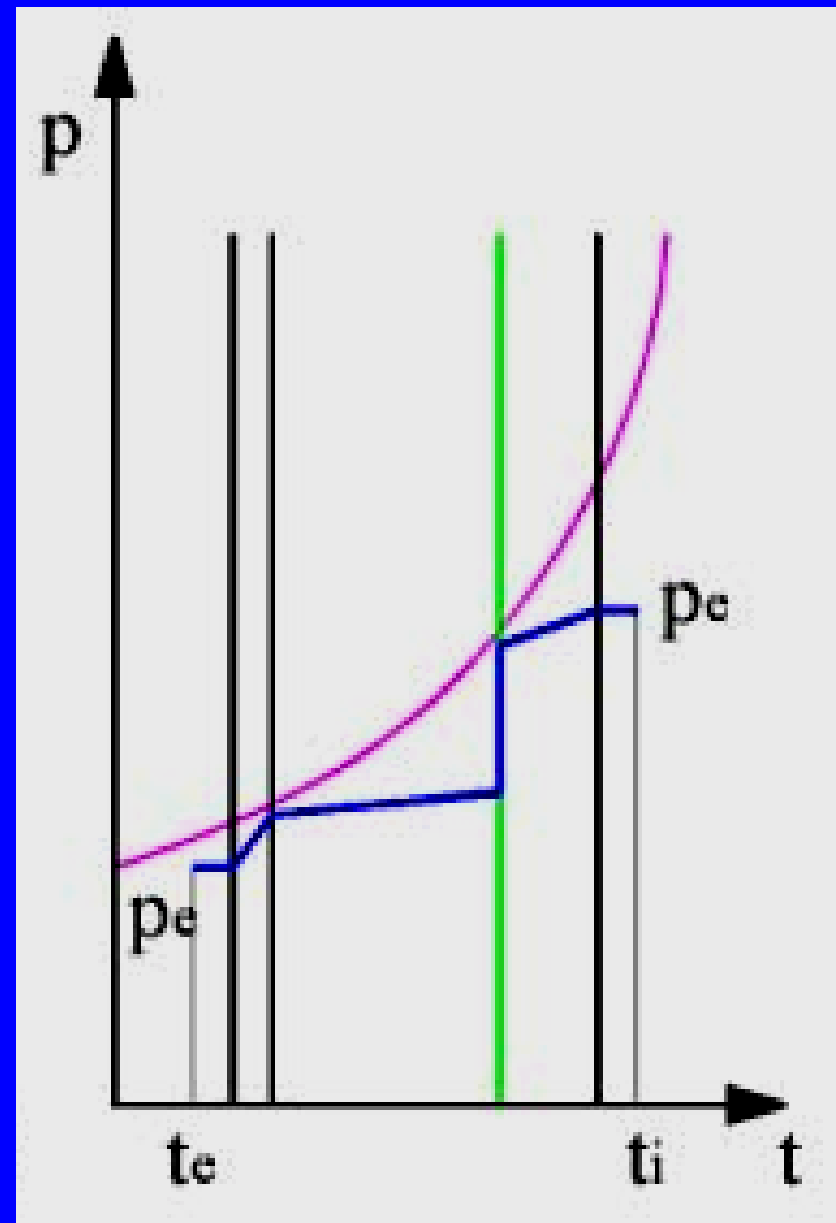
## *A lecsapódás megelőzésének lehetőségei*

A kondenzáció feltételei a rétegrend változásával befolyásolhatók.

A gyakorlatban háromféle lehetőség van:

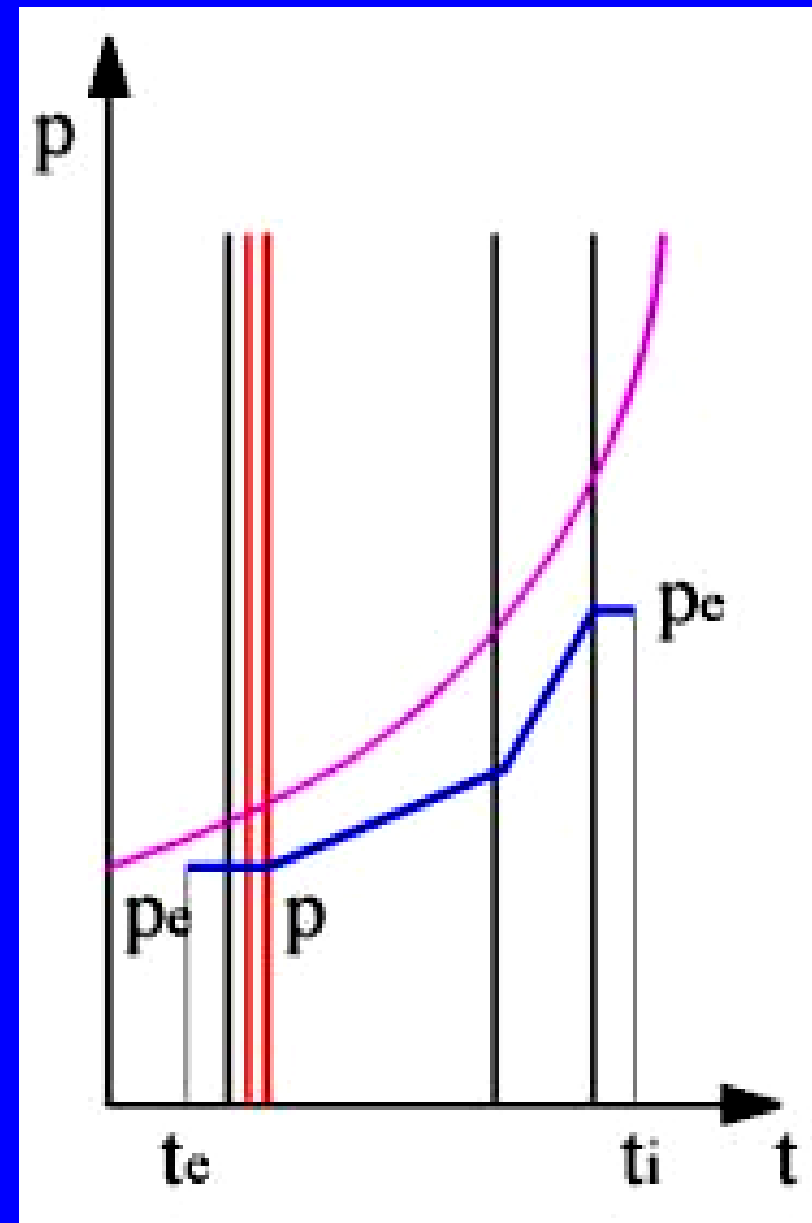
- a meglévő rétegrend egy vagy több rétegének a cseréje,
- a meglévő rétegrend kiegészítése egy megfelelő helyre épített páraszellőző réteggel,
- a meglévő rétegrend kiegészítése egy megfelelő helyre épített párafékező réteggel.

Az átmetsződés kiküszöbölhető felületjellegű párafékező réteg beépítésével. Ez elég közel legyen a belső oldalhoz, hogy a nyomás még magas hőmérsékletű síkban csökkenjen biztonságosan alacsony értékre, de elég mélyen legyen ahhoz, hogy mechanikai sérülések ellen védett legyen. Alapvető a párafékező réteg tökéletes felületfolytonossága !





Külső oldali hőszigetelés esetén is előfordulhat átmetsződés, ha a külső felületképző réteg diffúziós ellenállása nagy. Ez szellőztetett légréteg kialakításával oldható meg: a külső levegőt a hőszigetelés és a felületképzés közé vezetjük. A légréteg vastagsága min. 4 cm, legyen és elégséges belépő és kilépő nyílásfelületet kell biztosítani a szükséges légmozgás biztosítása végett.



A bemutatott eljárás kényelmetlen részfeladata az, hogy a geometriai léptékben ábrázolt keresztmetszetbe esetről esetre be kell rajzolni a telítési nyomás eloszlását a hőmérsékleteloszlás függvényében, lehetőleg sok pont alapján, hogy a görbét elfogadható pontossággal tudjuk megrajzolni.

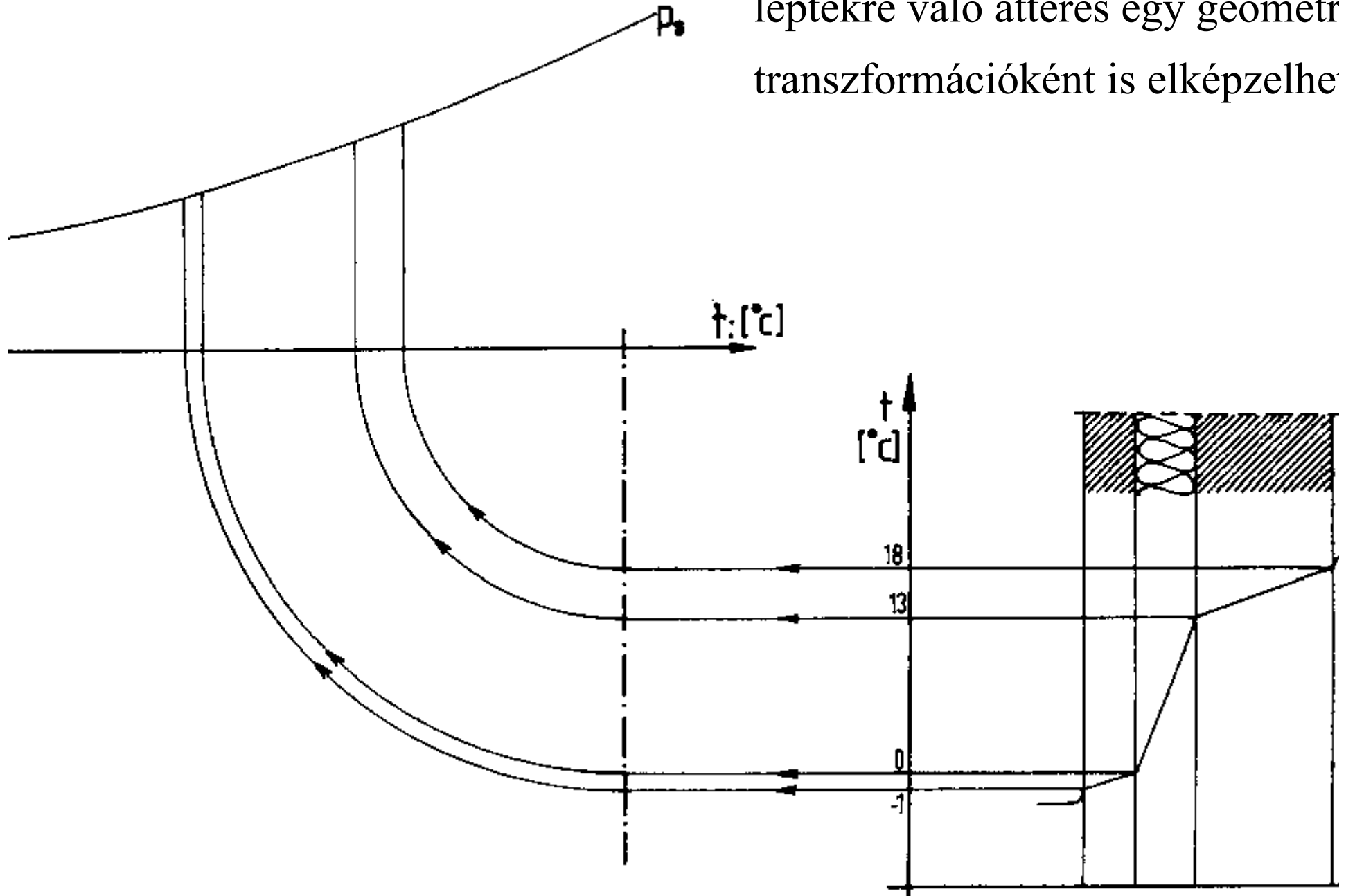
Ez a részfeladat mellőzhető, ha a szerkesztést a  $t - p_s$  diagramban végezzük, amelyben a telítési görbe eleve adott.

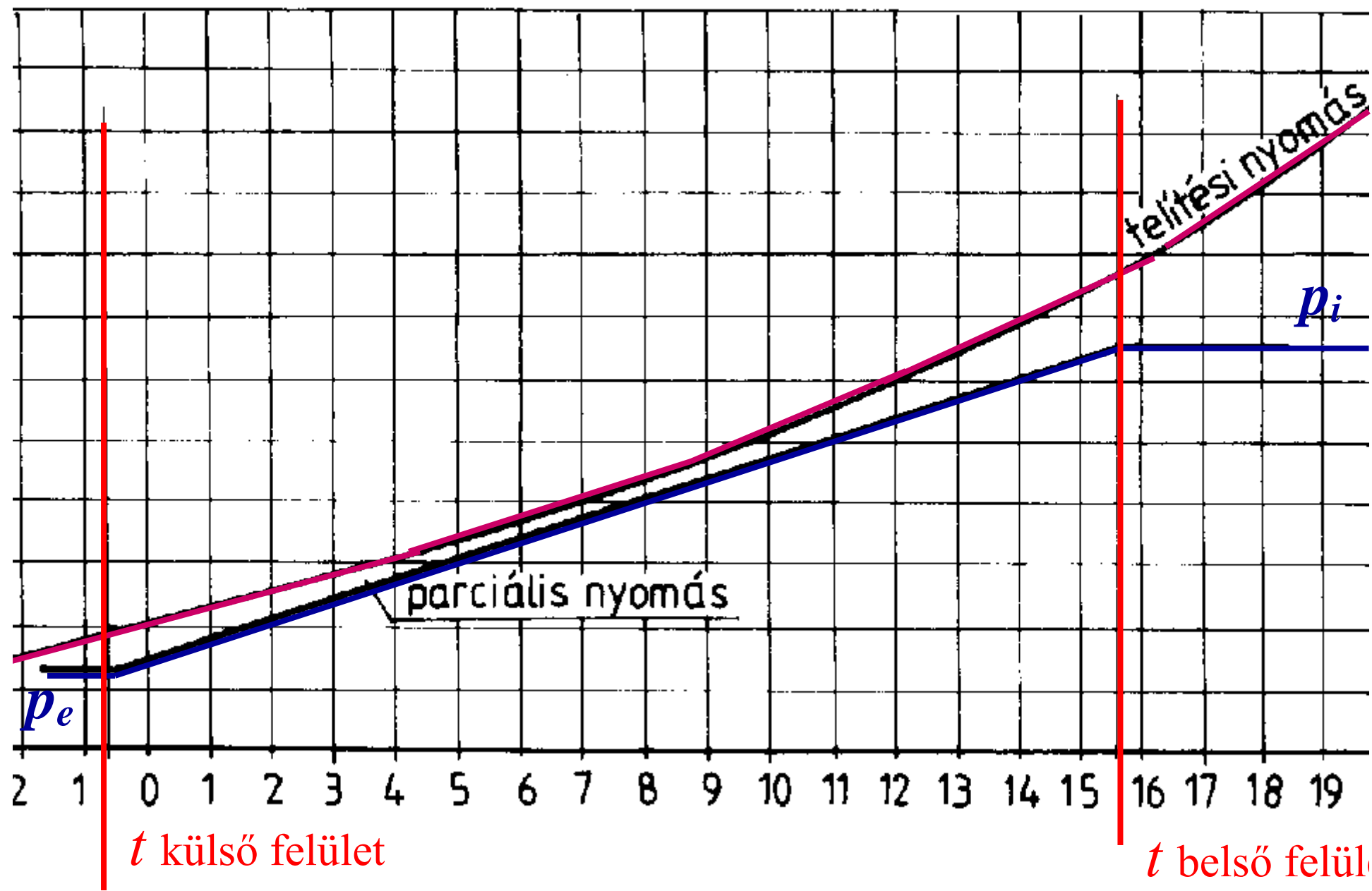
Kiszámítva a felületek és a réteghatárok hőmérsékletét, a megfelelő hőmérsékleteknél jelölni tudjuk a  $t$  tengelyen, hogy "hol van" (mekkora hőmérséklethez tartozik) egy-egy felület, illetve réteghatár.

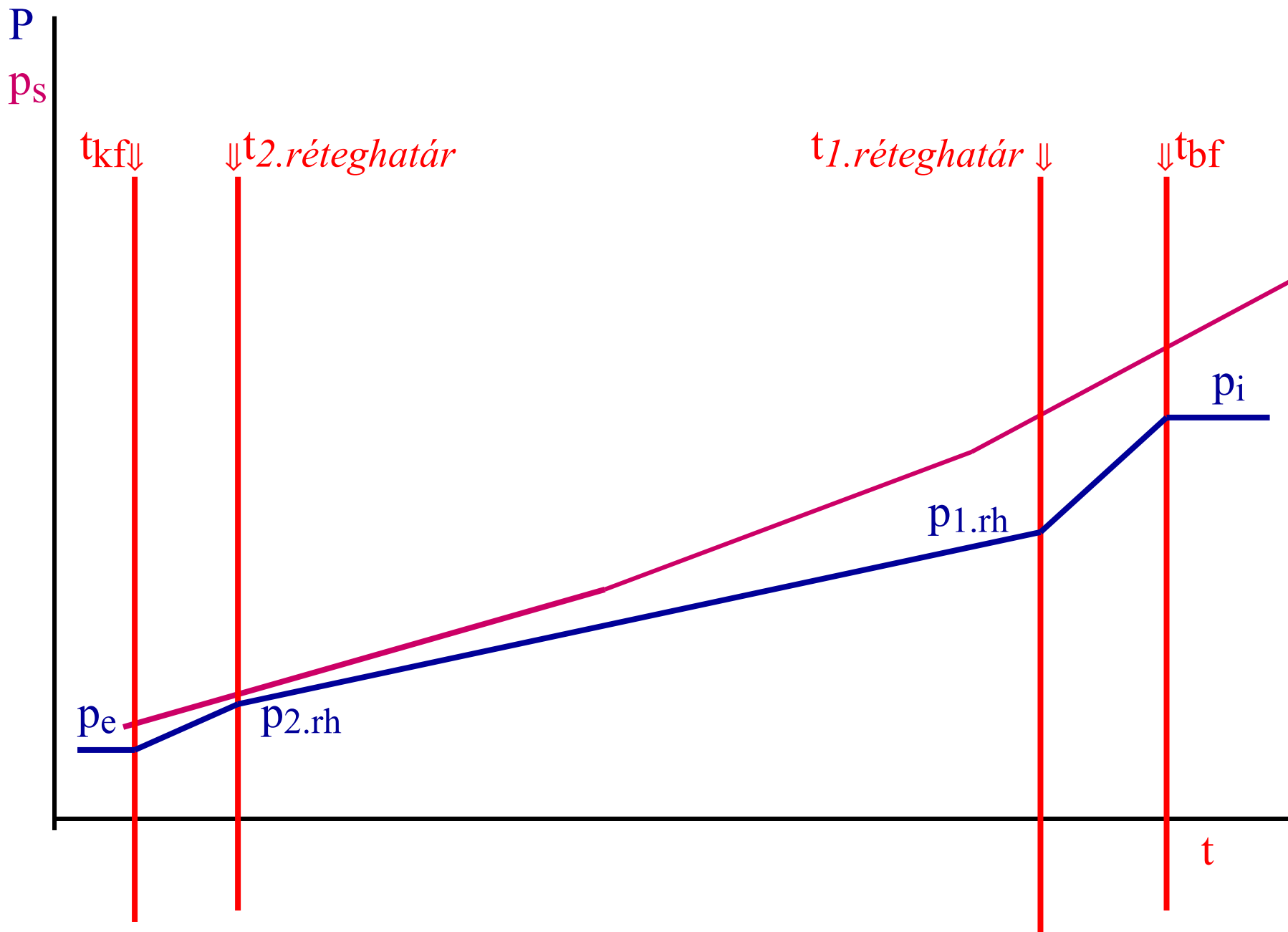
Kiszámítva a réteghatárokon kialakuló vízgőz résznyomásokat, a számított nyomáseloszlás vonala is megrajzolható.

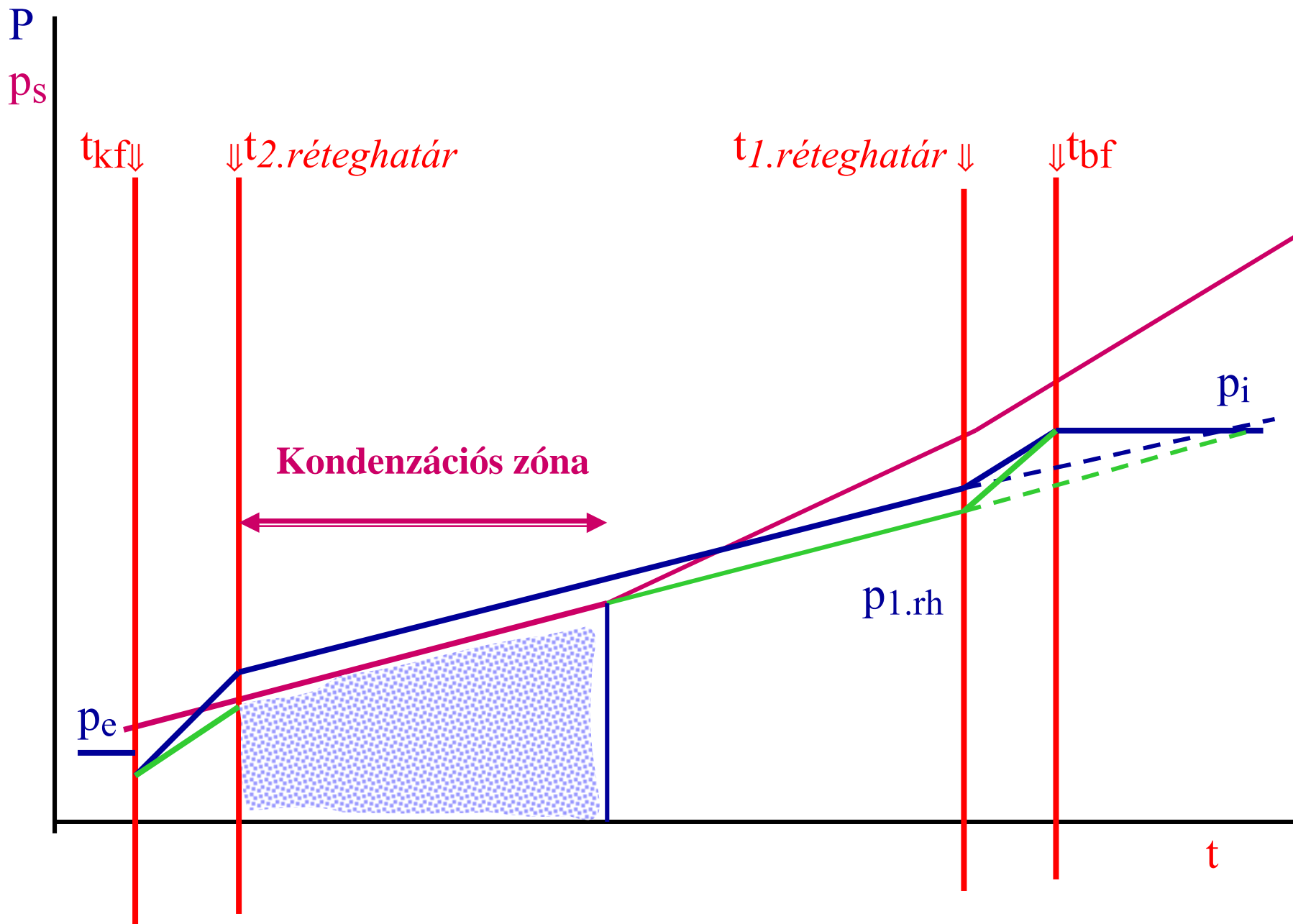
Így megkapjuk a szerkezetben kialakuló vízgőznyomás eloszlását.

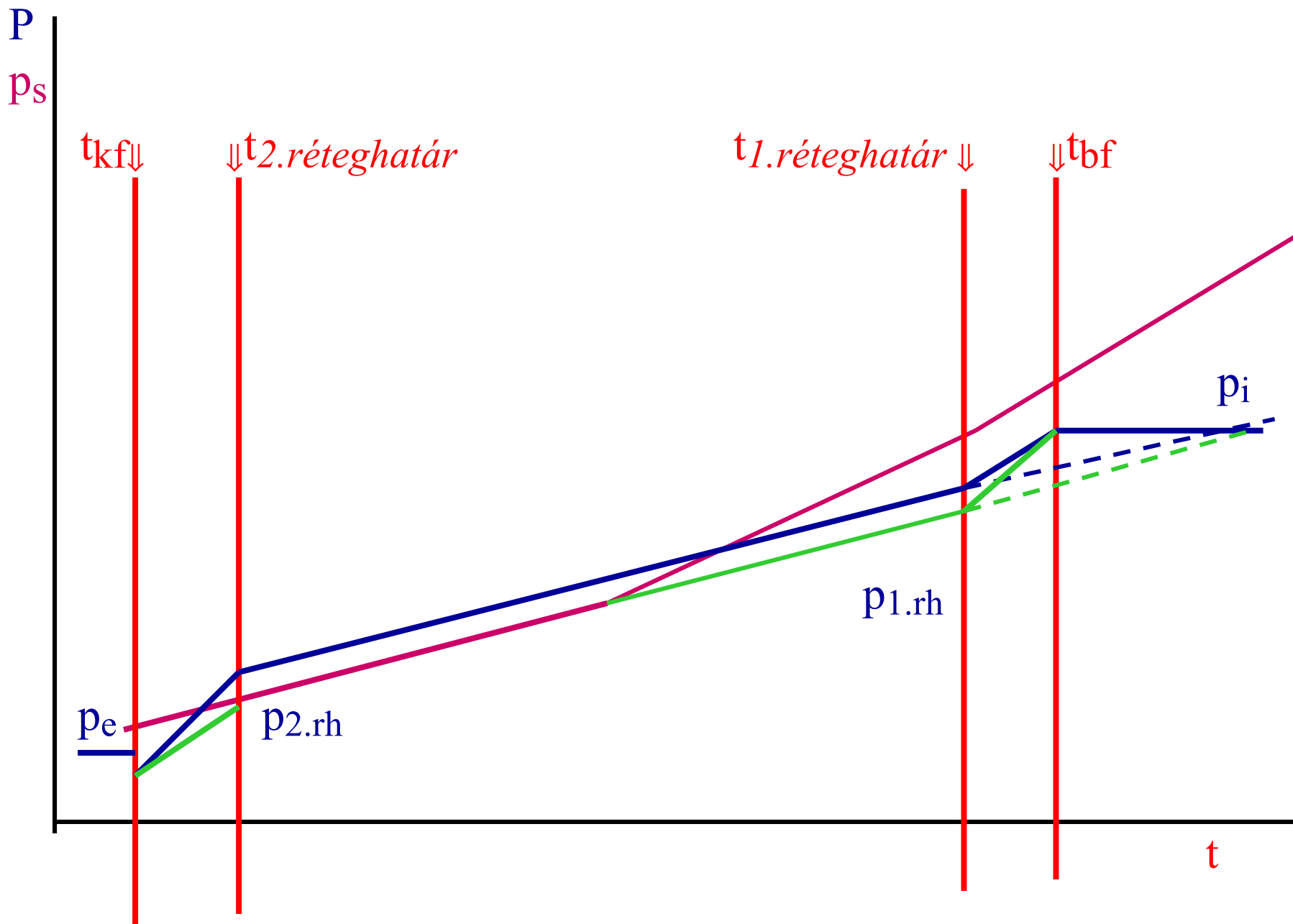
A geometriai léptékről a hőmérséklet léptékre való áttérés egy geometriai transzformációként is elképzelhető.



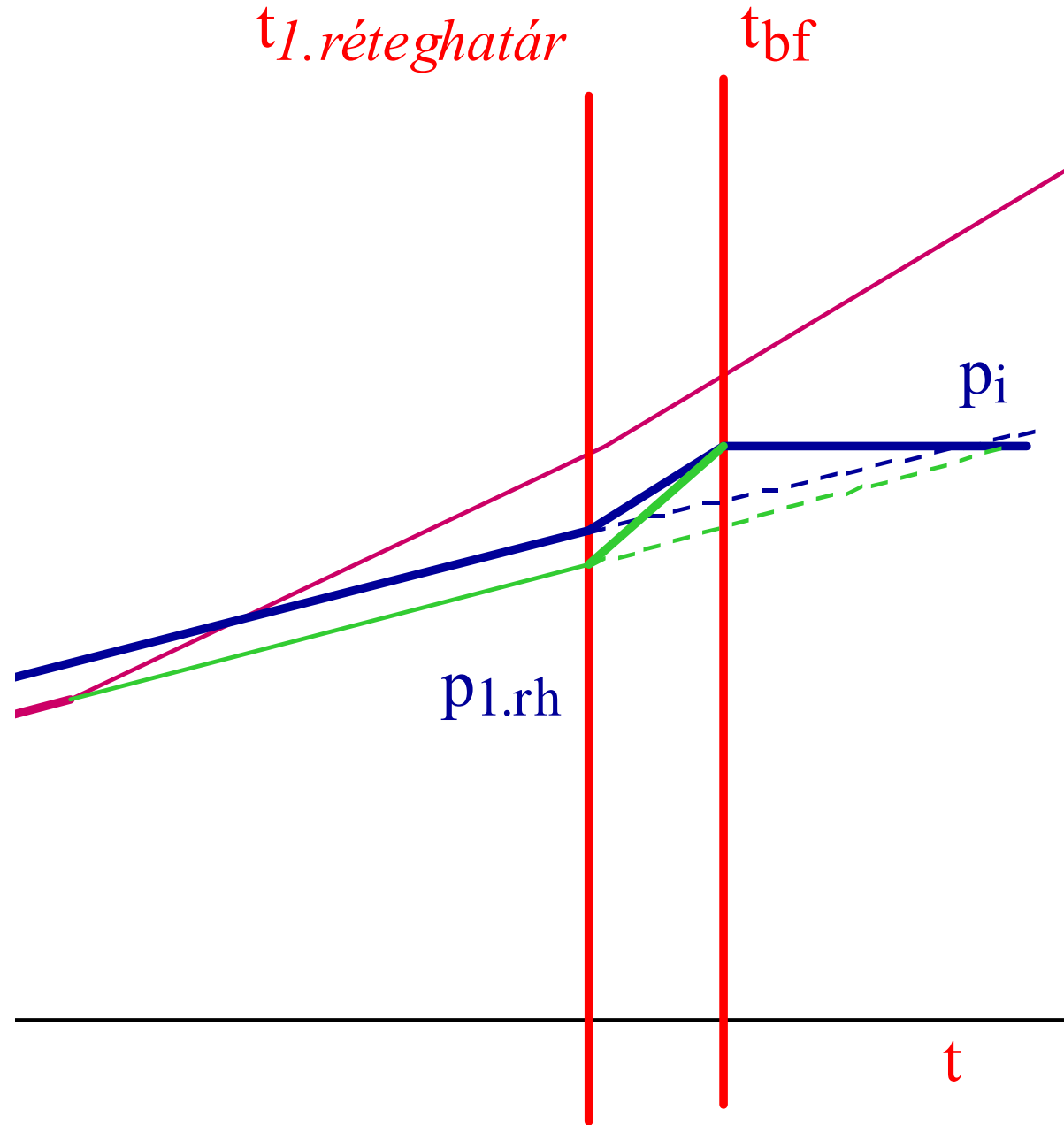








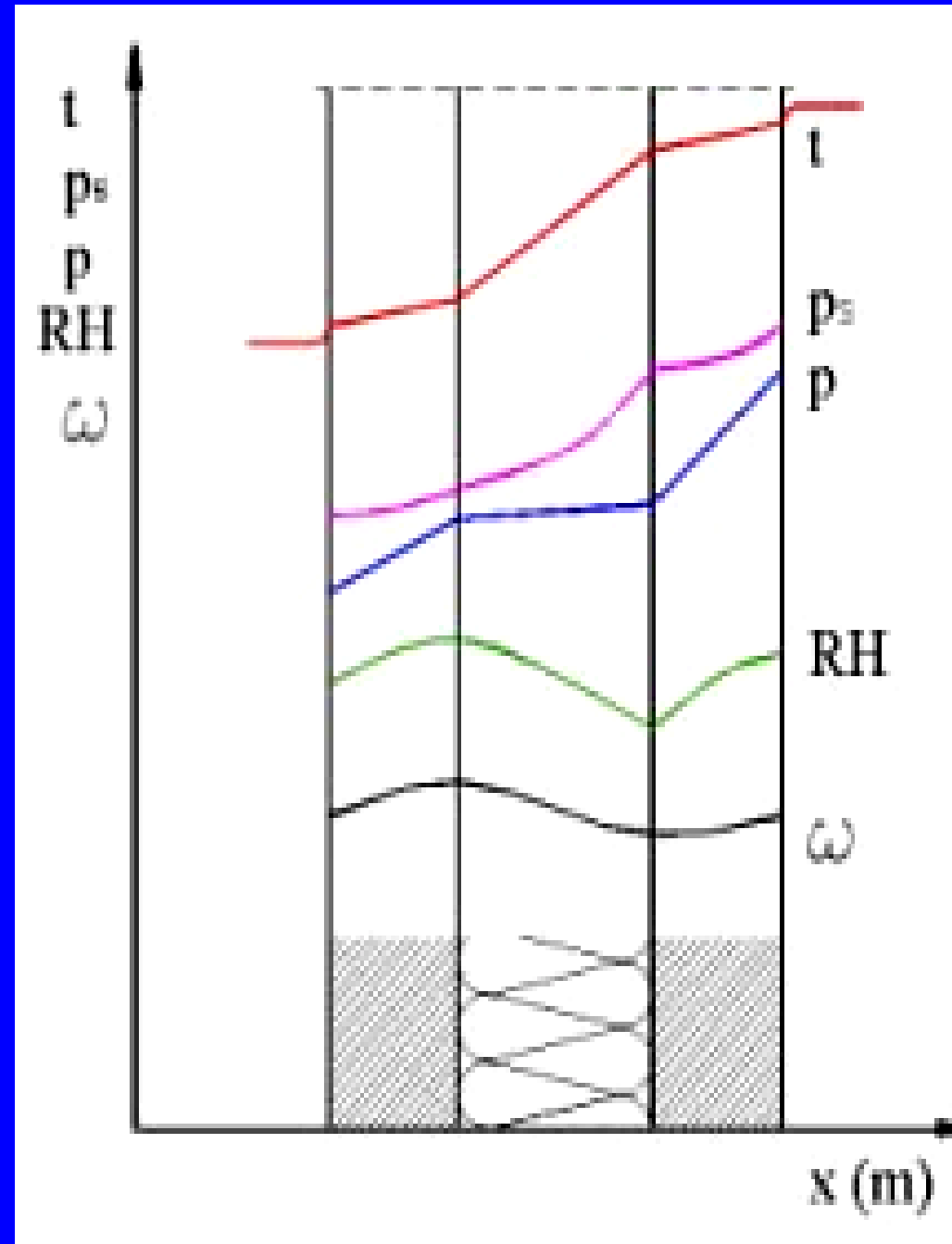
Az érintő folytonos vonallal jelölt szakasza valamint a felülethez és a réteghatárhoz tartozó  $p$  pontokat összekötő egyenes alkotja a **módosított nyomáseloszlás** vonalának első két szakaszát.





A hőmérséklet, a telítési nyomás, a számított parciális nyomás a határolószerkezet keresztmetszetében. A két utóbbi hányadosa a relatív nedvességtartalom - ebből a szorpciós izotermák alapján a rétegek anyagainak nedvességtartalom-eloszlása is megrajzolható. Az utóbbi görbéknek a réteghatárokon szakadásai lehetségesek.

Az ábra kialakult egyensúlyi helyzetre, időben állandósult állapotra vonatkozik !



## *Az éves mérleg*

Az eddigiekben bemutatott vizsgálati módszer időben állandósult állapotra vonatkozott, vagyis feltételeztük, hogy a méretezési állapot (a külső levegő január havi középhőmérsékletének és közepes relatív nedvességtartalmának megfelelő állapot) már elég hosszú ideje állt fenn ahhoz, hogy a keresztmetszetben kialakuló hőmérséklet- és nyomáseloszlást az egyszerű stacioner egyensúlyi feltétel alapján számítsuk.

A külső légállapotok évszakonkénti változása miatt a szokványos szerkezetek a nyári félév végén szárazabbak annál, mint amit a téli méretezési állapotokra az előző ábra mutat.

Ahhoz, hogy a keresztmetszetben az állandósultnak feltételezett téli méretezési állapotokra jellemző nedvességtartalom kialakuljon, bizonyos időre („töltési idő”) van szükség. (A szerkezetbe diffúzióval bejutó vízgőzből annyinak kell lecsapódnia, amennyi az anyagok „nyárvégi” nedvességtartalmát -  $\omega$  - az állandósultnak feltételezett „téli” nedvességtartalomra növeli.

A töltési idő számítása:

- meghatározzuk a „nyárvégi” állapotban az egyes rétegek -  $\omega$  - nedvességtartalmát,
- az állandósultnak feltételezett téli állapot módosított nyomáseloszlási görbéje alapján meghatározzuk
  - az egyes rétegek „téli” -  $\omega$  - nedvességtartalmát
  - a belépo és a kilépo vízgozáramok különbségéből az időegység alatt lecsapódó vízgozmennyiséget.

A TÖLTÉSI IDŐ A „TÉLI” ÉS A „NYÁRVÉGI” -  $\omega$  - NEDVESSÉGTARTALMAK KÜLÖNBSÉGE OSZTVA AZ IDŐEGYSÉG ALATT LECSAPÓDÓ VÍZGOZMENNYISÉGGEL.

Ha a töltési idő hosszabb, mint a fűtési idény, akkor a szerkezet megfelel, hiszen a lecsapódás kialakulására nincs idő.