

## Rajoittavan tekijän opetus lukiossa

Marianne Forsell

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Helsingin yliopisto • marianne.forsell@helsinki.fi

**Tiivistelmä** Stoikiometriä on haastava aihe-alue lukion kemian oppimäärässä. Tässä artikkelissa perehdytään erityisesti rajoittavan tekijän opettamiseen ja sen haasteisiin. Artikkelin alussa esitellään rajoittavan tekijän kemiaa. Sitten esitellään lyhyesti tutkimustietoa rajoittavaa tekijää koskevista virhekäsityksistä sekä kemian matematiikan keskeisistä asioista, jotka tulisi ottaa opetuksessa huomioon välttyäkseen turhien virhekäsitysten muodostumiselta ja luodakseen oppilaille mahdollisimman hyvät puitteet oppimisen elämyksille. Stoikiometrian laskujen oppimisen kannalta keskeisiä asioita ovat muun muassa käsitteiden syvälinen ymmärtäminen, ongelmanratkaisutaitojen kehittäminen sekä selkeä kemian kolmen eri tason välillä liikkuminen. Artikkelin lopussa esitellään aiheeseen kehitetty opetusidea.

### 1 Johdanto

Stoikiometriä on osa-alue, joka kattaa laajan alueen lukion kemian oppimäärästä. Stoikiometriset laskut koetaan yleisesti hyvin hankalina niin oppimisen kuin opettamisen kannalta. Niihin liittyykin paljon erilaisia virhekäsityksiä. (Rautiainen, 2004) Tässä artikkelissa tarkastellaan rajoittavan tekijän opettamista aikaisempaan tutkimustietoon perustuen ja tutkimustietoa soveltaen.

### 2 Rajoittavan tekijän kemiaa

Kemiallisessa reaktiossa jotakin lähtöainetta saattaa olla ylimäärin, jolloin toinen lähtöaineista loppuu ensin. Tätä toista lähtöainetta kutsutaan rajoittavaksi tekijäksi, sillä sen ainemäärästä riippuu kuinka monta moolia reaktiotuotetta tai -tuotteita voi syntyä. Osa muista lähtöaineista, joita on ylimäärin, jää tällöin reagoimatta. (Lehtiniemi & Turpeenoja, 2006)

Useimmiten rajoittavaa tekijää koskevissa laskutehtävissä on tehtävänannossa annettu valmiiksi lähtöaineiden ainemäärät tai vaihtoehtoisesti lähtöaineiden massat, jolloin ainemäärät täytyy laskea massojen ja moolimassojen avulla. Kun lähtöaineiden ainemäärät ovat selvillä, on rajoittava tekijä mahdollisuus selvittää useallakin eri tavalla. Yksi tapa on verrata ainemäärien suhdetta tasapainotetun reaktioyhtälön lähtöaineiden kertoimien suhteeseen. Toinen tapa selvittää rajoittava tekijä on laskea kuinka paljon reaktioyhtälön kertoimien mukaan toista lähtöainetta tarvittaisiin, jotta toinen lähtöaineista reagoisi täydellisesti. Tätä tulosta verrataan reaktiossa käytössä oleviin ainemääriin, jolloin voidaan päätellä rajoittava tekijä. (Lehtiniemi & Turpeenoja, 2006)

### **3 Rajoittavaan tekijään liittyviä virhekäsityksiä**

Tutkimustiedon nojalla rajoittavan tekijän ymmärtäminen on yleensä hyvin vaikea asia ja siihen liittyy paljon virhekäsityksiä. Opiskelijat lähtevät usein päästelemään rajoittavaa tekijää reaktioyhtälön kertoimista ilman ainemäärien laskemista. Toisinaan opiskelijat laskevat ainemäärät, mutta eivät kuitenkaan osaa päätellä rajoittavaa tekijää käyttämällä hyväksi reaktioyhtälön kertoimia. Hyvin yleinen virhe on myös se, että opiskelijat saattavat löytää tehtävästä rajoittajan tekijän, vaikka lähtöaineita olisi vain yksi. (Rautiainen, 2004)

Kemiallinen reaktio on opiskelijoista usein vaikea ymmärtää. Tähän vaikuttaa muun muassa käsitteiden runsaus. Opiskelijoilla tulee helposti sekaannuksia esimerkiksi seuraavien käsitteiden kanssa: mooli, moolimassa, massa, aine, ainemäärä ja hiukkasmäärä. (Pajari, 2007) Rajoittavaan tekijään liittyen opiskelijat sekoittavat toisinaan ainemäärän moolimassaan ja päästelevät tämän perusteella rajoittavan tekijän. Toiset päästelevät rajoittavan tekijän suoraan annetuista lähtöaineiden massoista vertaamalla niitä toisiinsa ja jättävät ainemäärät kokonaan laskematta. Myös sellaisia virheitä esiintyy, että opiskelijat eivät löydä ollenkaan rajoittavaa tekijää, jos massoja ei ole tehtävänannossa annettu. (Rautiainen, 2004)

### **4 Opetusmenetelmävalintojen periaatteita rajoittavan tekijän oppitunnille**

Rajoittavaa tekijää ja yleisestikin stoikiometriaa opettaessa opettajan pitäisi kiinnittää huomiota käsitteiden selkeään opettamiseen. Opettamisessa täytyisi keskittyä siihen, että opiskelijat oikeasti ymmärtävät käsitteet, eivätkä vain opettele niitä ulkoa. Ilman käsitteiden syvällistä ymmärtämistä laskujen tekeminen perustuu usein vain laskualgoritmien ja sääntöjen ulkoa opetteluun ilman minkäänlaista ymmärtämistä laskua ympäröivästä kemiallisesta kontekstista. (Rautiainen, 2004)

Laskujen ymmärtämisen kannalta ongelmanratkaisutaitojen kehittäminen olisi tärkeä nostaa yhdeksi opetuksen ja oppimisen tavoitteeksi. Ongelmatehtävissä opiskelijoita olisi hyvä kannustaa lukemaan tehtävää ääneen. Tämän jälkeen opiskelijoiden pitäisi pyrkiä poimimaan tehtävänannosta oleellinen informaatio, jota he tarvitsevat tehtävän ratkaisemiseksi. Olisi hyvin tärkeää, että oppilaat joutuvat välillä tekemään sellaisiakin tehtäviä, joihin heillä ei ole valmista mallia tai ratkaisutapaa valmiina tiedossa. Tällöin he joutuvat itse pohtimaan, miten tehtävässä voisi edetä. (Rautiainen, 2004)

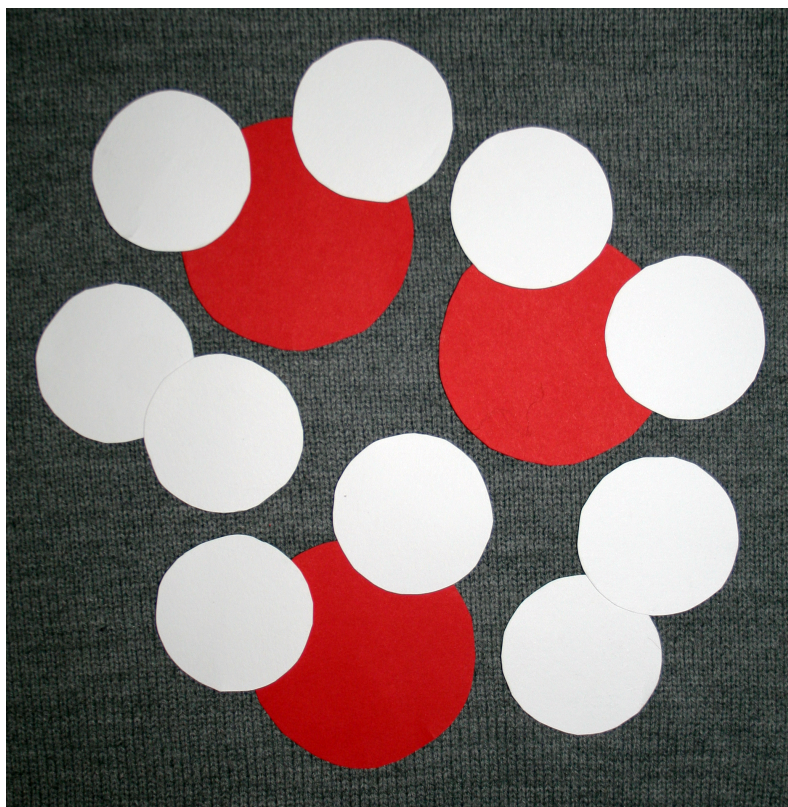
Rajoittavan tekijän opettamisessa tärkeää on myös huomioida kemian kolme eri tasoa ja niiden välillä liikkuminen (Rautiainen, 2004). Oppilaille on usein vaikeaa ymmärtää samanaikaisesti makroskooppinen, mikroskooppinen ja symbolinen taso ja lisäksi heidän pitäisi ymmärtää myös tasojen väliset erot (Pajari, 2007). Rajoittavan tekijän opettaminen olisi hyvä aloittaa jollakin makrotason ongelmalla ja edetä sen kautta kohti mikroskooppista ja symbolista tasoa (Rautiainen, 2004).

## Opetusideoita rajoittavan tekijän oppitunnille: makrotason ongelman kautta kohti kemian matematiikan maailmaa

Rajoittavan tekijän opettaminen olisi hyvä aloittaa jostakin arkipäivään liittyvästä makrotason ongelmasta, jolloin oppilaat saisivat heti alkuun jonkinlaisen käsityksen rajoittavasta tekijästä. Tämä on tärkeä asia kemian käsitteiden ymmärtämisen kannalta, sillä jos oppilaat eivät omaksu käsitettä itselle tutussa arkipäivän kontekstissa saattaa käsitteen omaksuminen kemian kontekstissa haastavaa. Arkipäivän pulma voisi olla esimerkiksi seuraavanlainen:

*Jos käytettävänäsi on 5000 rengasta, 6500 turvavyötä, 2610 tuulilasin pyyhkijää ja 2000 rattia, kuinka moneen autoon ne riittävät? Mikä on auton valmistamista rajoittava tekijä?*

Ennen siirtymistä laskujen pariin rajoittava tekijää voidaan vielä visualisoida opiskelijoille submikrotasolla. Opiskelijat jaetaan ryhmiin ja jokaiselle ryhmälle annetaan pahvisia vety- ja happiatomeja, esimerkiksi 10 kpl valkoisia vetyatomeja ja 3 kpl punaisia happiatomeja. Ryhmien tehtävänä on muodostaa näistä atomeista ensin vety- ja happimolekyylejä ja tämän jälkeen vesimolekyylejä seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti:  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ . Opiskelijat voivat siis muodostaa kolme vesimolekyyleä, jolloin kaksi vetymolekyyleä jää yli (kuva 1). Näin oppilaille havainnollistuu se, että happi oli reaktion rajoittava tekijä eikä vettä voi muodostua enempää, vaikka vetyä onkin vielä jäljellä.



**Kuva 1** Rajoittavaa tekijää voidaan havainnollistaa submikrotasolla pahviatomien avulla.

Oppilaiden siirtyessä laskujen pariin ei välttämättä tarvita esimerkkilaskuja ollenkaan, jos opiskelijat ovat sisäistäneet rajoittavan tekijän idean hyvin makrotasolla ja submikrotasolla. Näin välttyään valmiiden mallien ja laskualgoritmien antamiselta ja opiskelijat saavat lähteä itse ideoimaan erilaisia ratkaisutapoja.

Opiskelijat jaetaan ryhmiin ja annetaan ryhmille ratkaistavaksi jokin hyvin yksinkertaisen lasku, jossa lähtöaineiden ainemäärät on annettu valmiiksi ja kysytään rajoittavaa tekijää. Reaktioyhtälön olisi hyvä olla mahdollisimman yksinkertainen. Voidaan käyttää esimerkiksi samaa reaktioyhtälöä kuin visualisointitehtävässä. Toisena tehtävänä voi olla sellainen lasku, jossa lähtöaineiden ainemäärät täytyy aluksi laskea. Reaktioyhtälö pysyy samana kuin ensimmäisessä tehtävässä, mutta rajoittava tekijä vaihtuu. Tällä pyritään välttämään virhekäsitysten muodostumista siitä, että rajoittavan tekijän voisi jotenkin päätellä suoraan reaktioyhtälöstä. Toisaalta opiskelijat pystyvät myös keskittymään rajoittavan tekijän ymmärtämiseen, kun uuden reaktioyhtälön tasapainottaminen ei tuo lisää vaikeutta tehtävään.

## Lähteet

- Lehtiniemi K. & Turpeenoja L. (2006). *Mooli KE3: Reaktiot ja energia*. Helsinki: Otava.
- Pajari A. (2007). *Kemiallinen reaktio opetuksessa - Stoikiometria ja kemiallinen tasapaino ylioppilaskokeessa*. Helsingin Yliopisto. Pro gradu.
- Rautiainen, E. (2004). *Stoikiometria lukion kemian oppikirjoissa ja ylioppilaskokeessa*. Helsingin Yliopisto. Pro gradu.