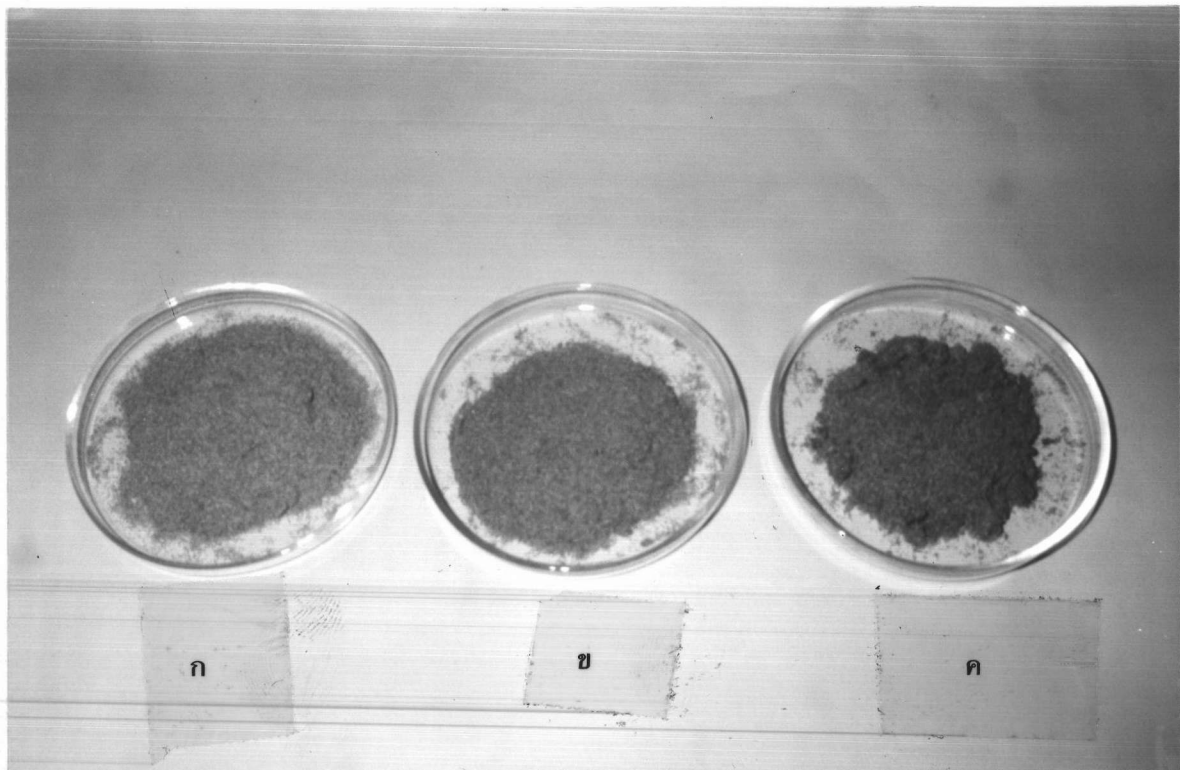


บทที่ 5

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะทางกายภาพ หลังการทดลองปรากฏว่าลักษณะของผักตบชวาเปลี่ยนไป ดังรูปที่ 5.1 จะเห็นว่าสีจะเข้มขึ้นมากหลังจากผักตบชวาถูกนำไปใช้งานแล้ว



รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของ (ก) ผักตบชวาล้างร้อนผ่านตะแกรง (ข) ผักตบชวาล้างกวนกับ HCl และ (ค) ผักตบชวาล้างจากใช้งานแล้ว

การทดลองกับคอลัมน์ขนาด \varnothing 2*50 ซม ก่อนการทดลองจริง

1. การเปรียบเทียบความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนซ้ำ 2 ครั้งโดยไม่เปลี่ยน ผักตบชวาของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 10 มก./ล.

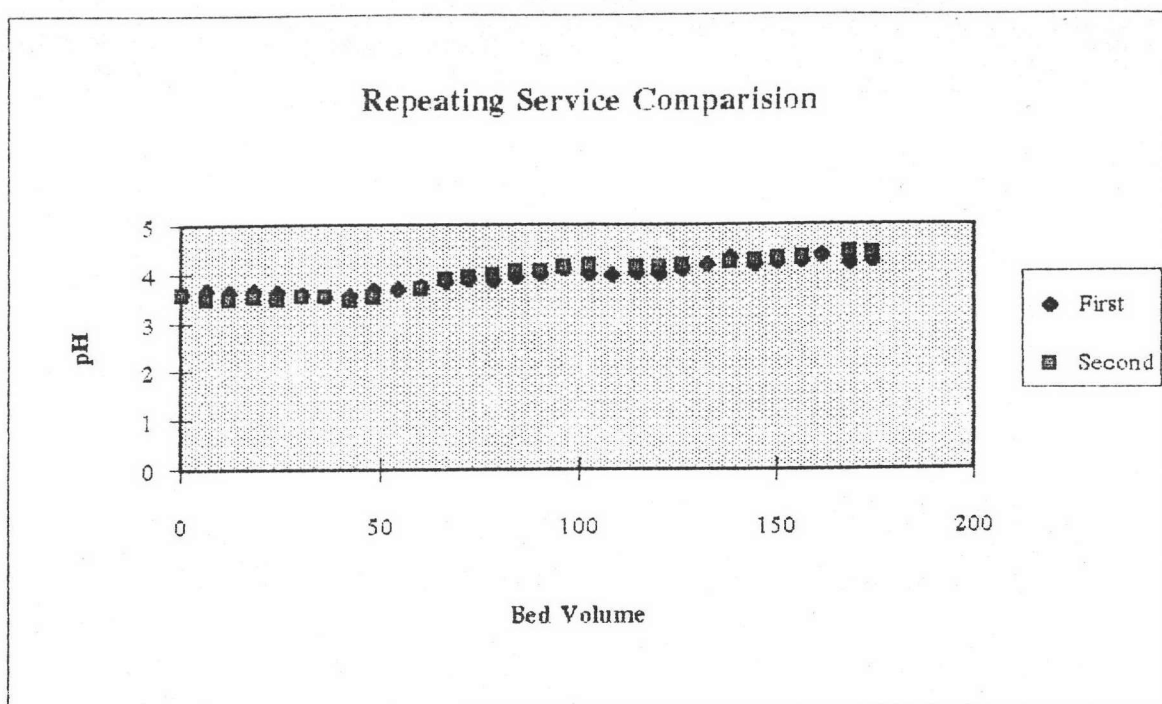
จะเห็นได้ว่า pH ของน้ำเสียหลังผ่านผักตบชวาครั้งแรกและครั้งที่สองไม่แตกต่างกันดังรูปที่ 5.2 ส่วนค่า conductivity ในช่วง 50 ชั้นเรซินแรกของครั้งแรกที่บริการจะมีค่าสูงกว่าครั้งที่ 2 แต่หลังจาก 50 ชั้นเรซินแรกแล้วค่า conductivity จะไม่แตกต่างกันดังรูปที่ 5.3 ส่วนค่าความเข้มข้นนิกเกิลหลังผ่านผักตบชวา และความเข้มข้นนิกเกิลหลังผ่านผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลเข้า จะมีลักษณะของเส้นกราฟคล้ายกันดังรูปที่ 5.4 และ 5.5 โดยในช่วงแรกผักตบชวาสามารถแลกเปลี่ยนไอออนนิกเกิลได้สูงกว่ามาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (Ni.Conc. < 0.2 mg/l) จนถึง 40 ชั้นเรซิน หลังจากนั้นผักตบชวาจะสามารถแลกเปลี่ยนไอออนนิกเกิลได้น้อยลง เนื่องจากหมดสภาพทำให้ความเข้มข้นนิกเกิลที่ออกมาค่อยๆเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆเป็นลักษณะเส้นโค้ง เพราะผักตบชวามีหมู่ไอออนอิสระเป็นหมู่คาร์บอกซิลิกซึ่งเป็นกรดอ่อน การหมดสภาพจึงเป็นอย่างค่อยเป็นค่อยไป ทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนค่อยๆลดลง นิกเกิลที่ออกมาครั้งแรกจะน้อยกว่าครั้งที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าครั้งแรกแลกเปลี่ยนไอออนได้มากกว่า

2. การเปรียบเทียบความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของผักตบชวาเมื่อ pH ของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 10 มก./ล. ที่เข้าไม่ปรับ pH (pH=7.0) และปรับ pH ให้เท่ากับ 5.0

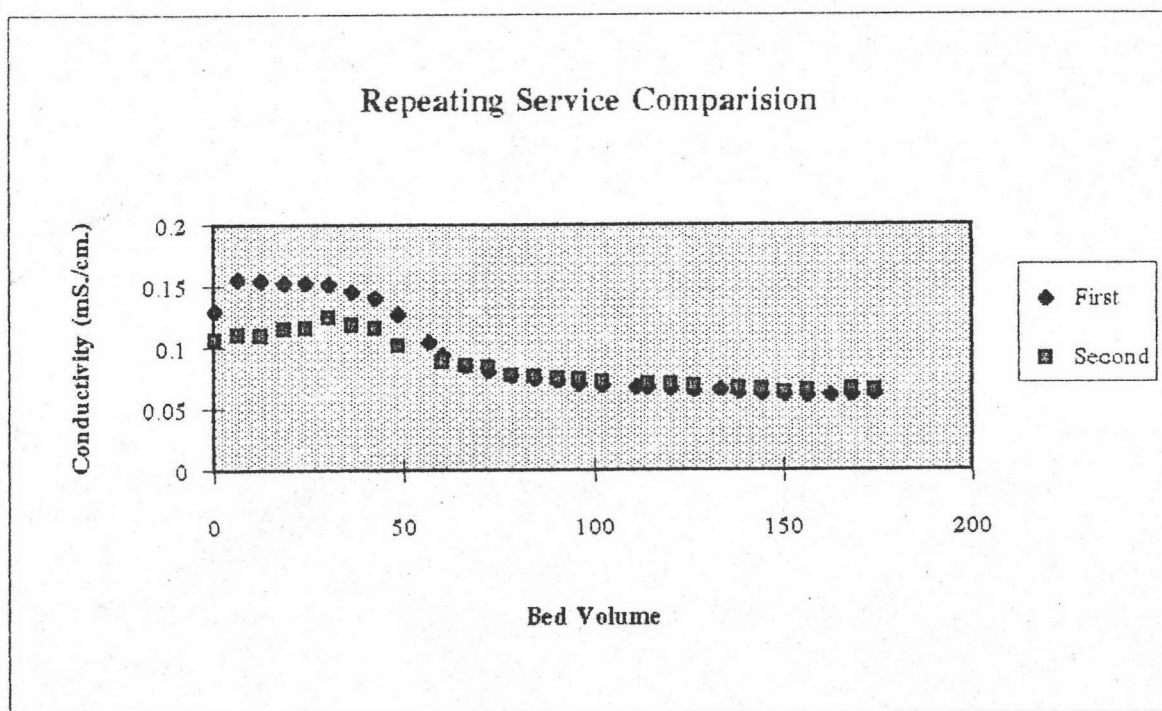
จะเห็นว่า pH ของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลที่ไหลผ่านผักตบชวาออกมาจะมีค่าใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 5.6 แต่ค่า conductivity จะแตกต่างกันมากในช่วง 50 ชั้นเรซินแรก แต่หลังจากนั้นจะมีค่าใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 5.7 ส่วนค่าความเข้มข้นนิกเกิลที่ผ่านผักตบชวาแล้ว กับค่าความเข้มข้นนิกเกิลที่ผ่านผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่เข้า จะมีลักษณะใกล้เคียงกันดังรูปที่ 5.8 และ 5.9 โดยน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลที่มีได้ปรับสภาพจะมีนิกเกิลในน้ำเสียที่ผ่านผักตบชวามาแล้วน้อยกว่าน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลที่ปรับ pH= 5 แสดงว่าที่ pH=5 ของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลจะแลกเปลี่ยนไอออนได้น้อยกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีได้ปรับสภาพ

3. การเปรียบเทียบความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนซ้ำ 4 ครั้งโดยไม่เปลี่ยน ผักตบชวาของน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ 100 มก./ล.

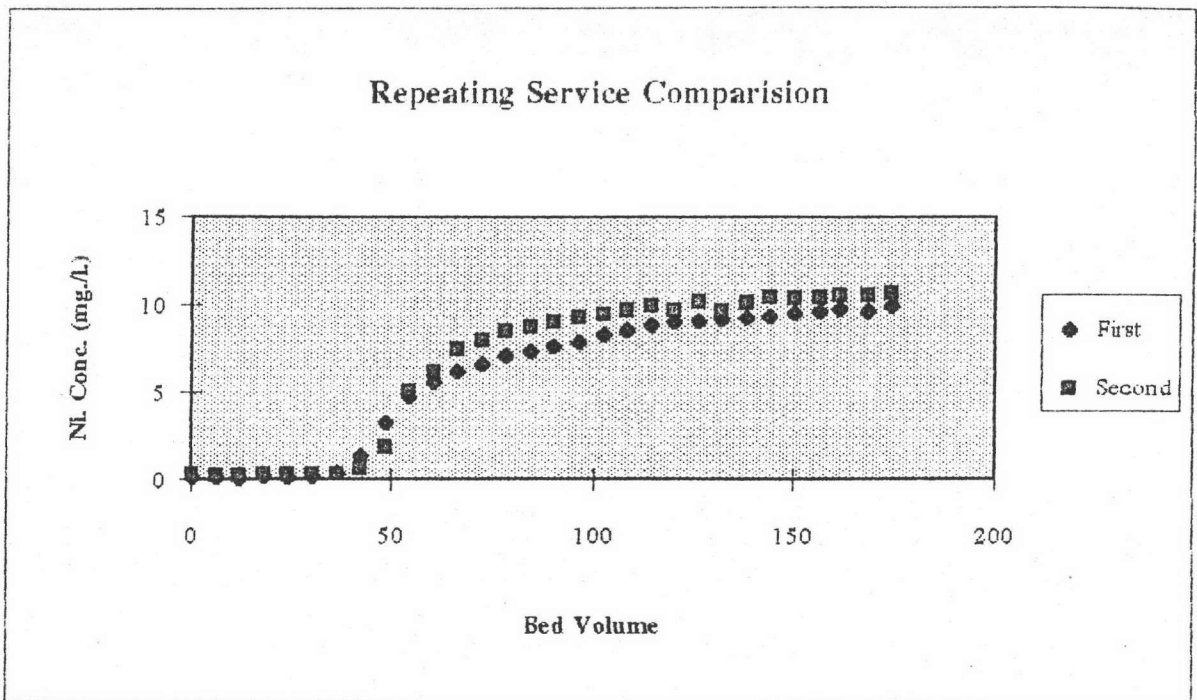
จะเห็นว่าเมื่อความเข้มข้นน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลเท่ากับ 100 มก./ล. ค่า pH, conductivity, ความเข้มข้นนิกเกิลที่ผ่านผักตบชวาแล้ว และความเข้มข้นนิกเกิลที่ผ่านผักตบชวาต่อ



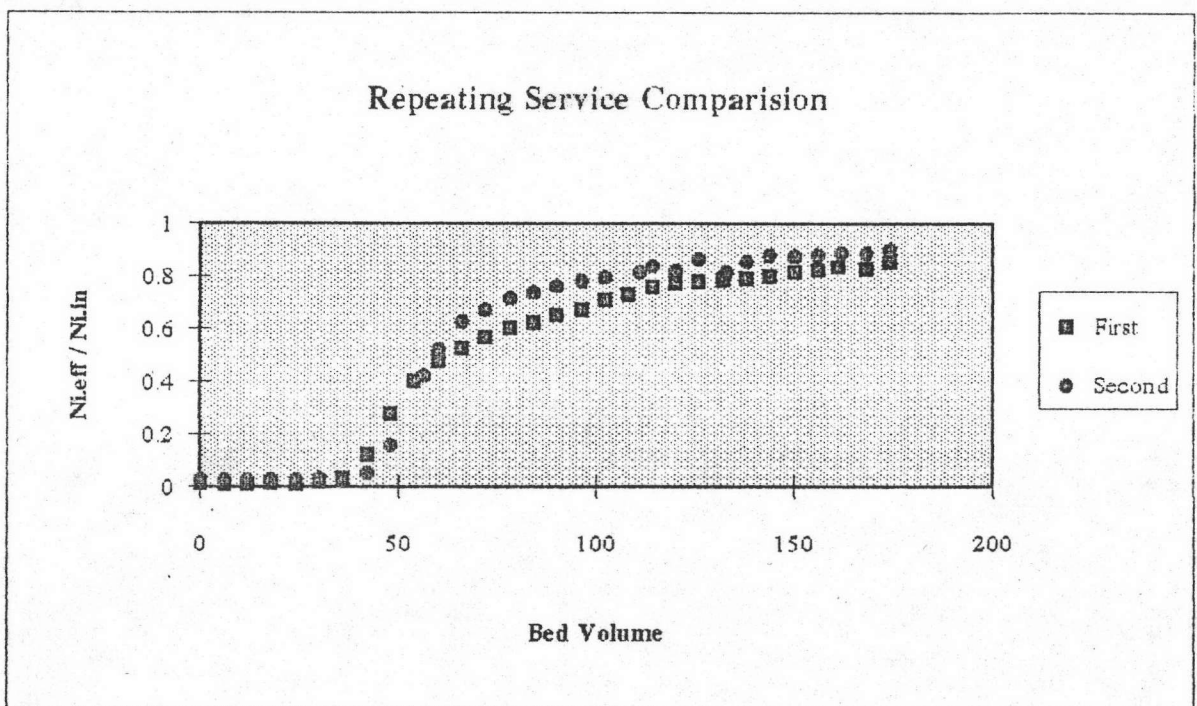
รูปที่ 5.2 กราฟเปรียบเทียบ pH ของการทดลองซ้ำ 2 ครั้งด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 10 mg/l หลังจากผ่านฝักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



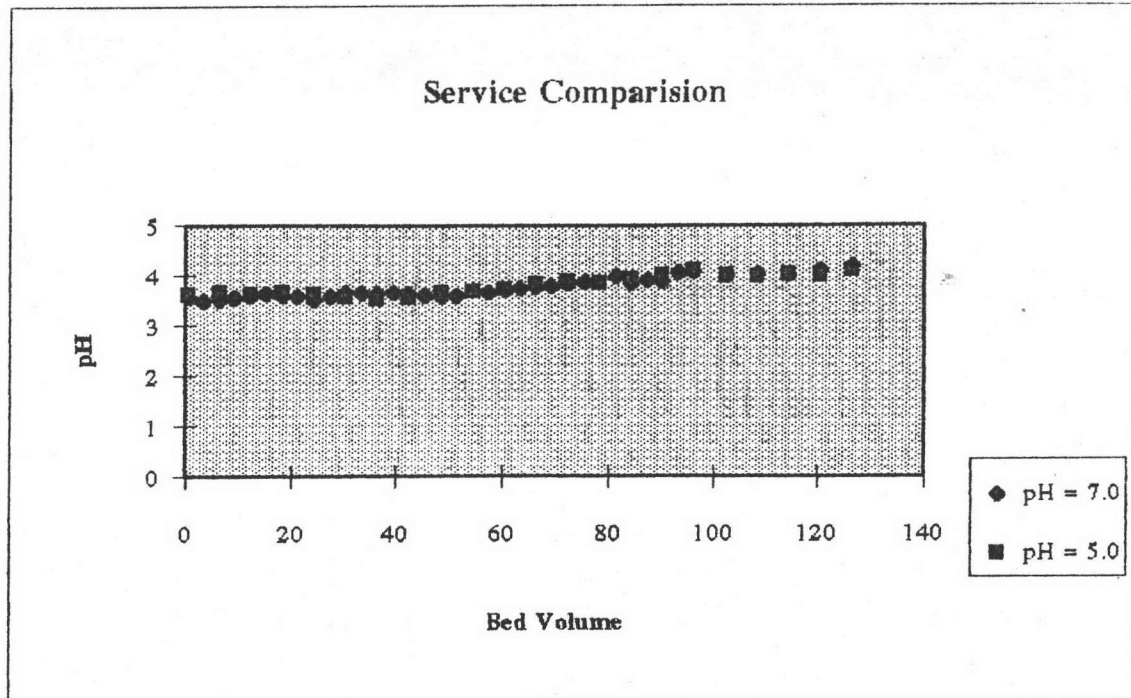
รูปที่ 5.3 กราฟเปรียบเทียบ Conductivity ของการทดลองซ้ำ 2 ครั้งด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 10 mg/l หลังจากผ่านฝักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



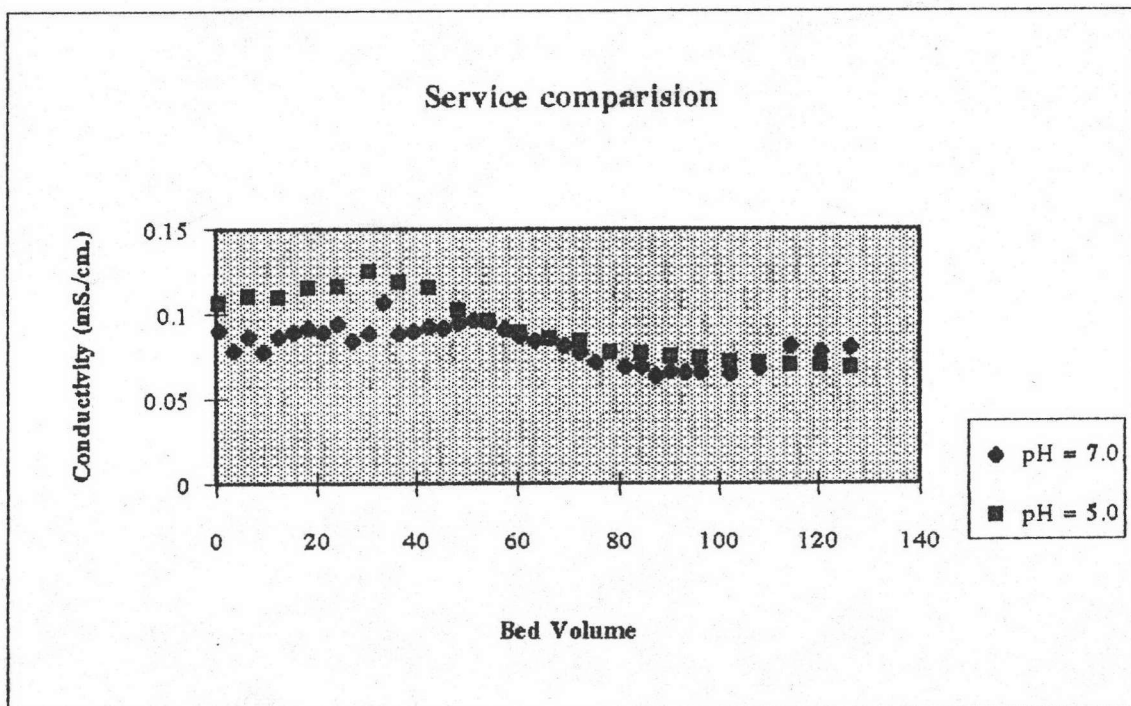
รูปที่ 5.4 กราฟเปรียบเทียบ Nickel Concentration ของการทดลองซ้ำ 2 ครั้งด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 10 mg/l หลังจากผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



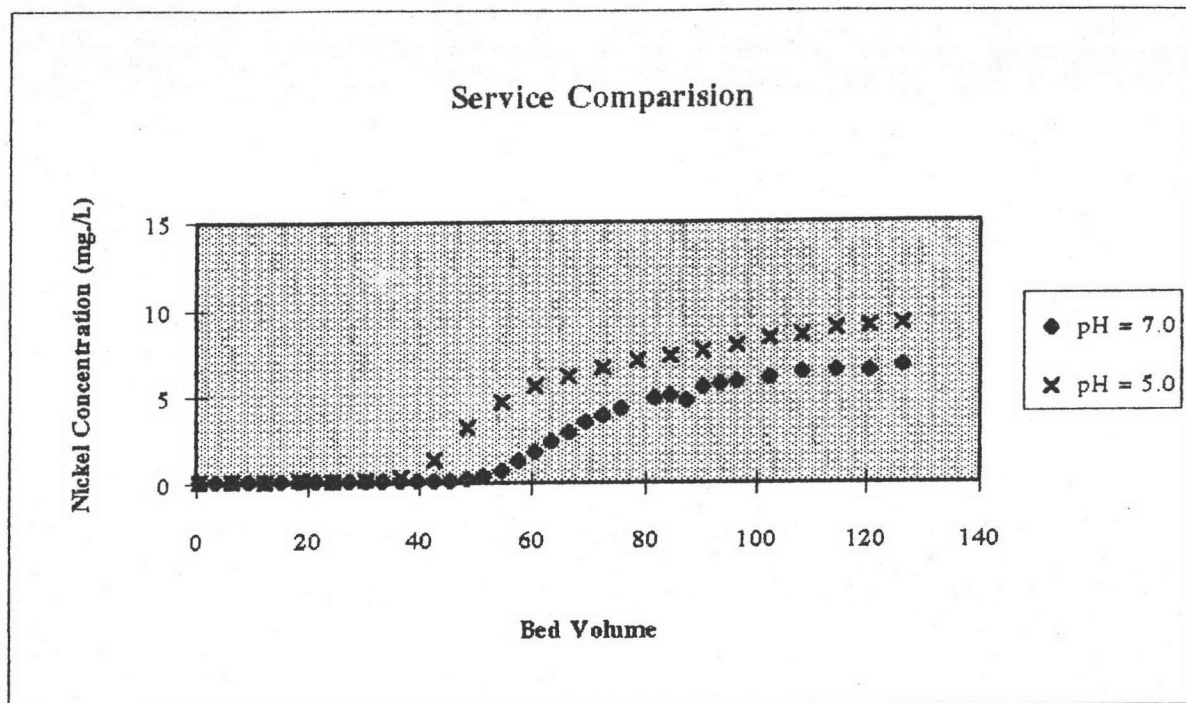
รูปที่ 5.5 กราฟเปรียบเทียบ Ni_{eff}/Ni_{in} ของการทดลองซ้ำ 2 ครั้งด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 10 mg/l หลังจากผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



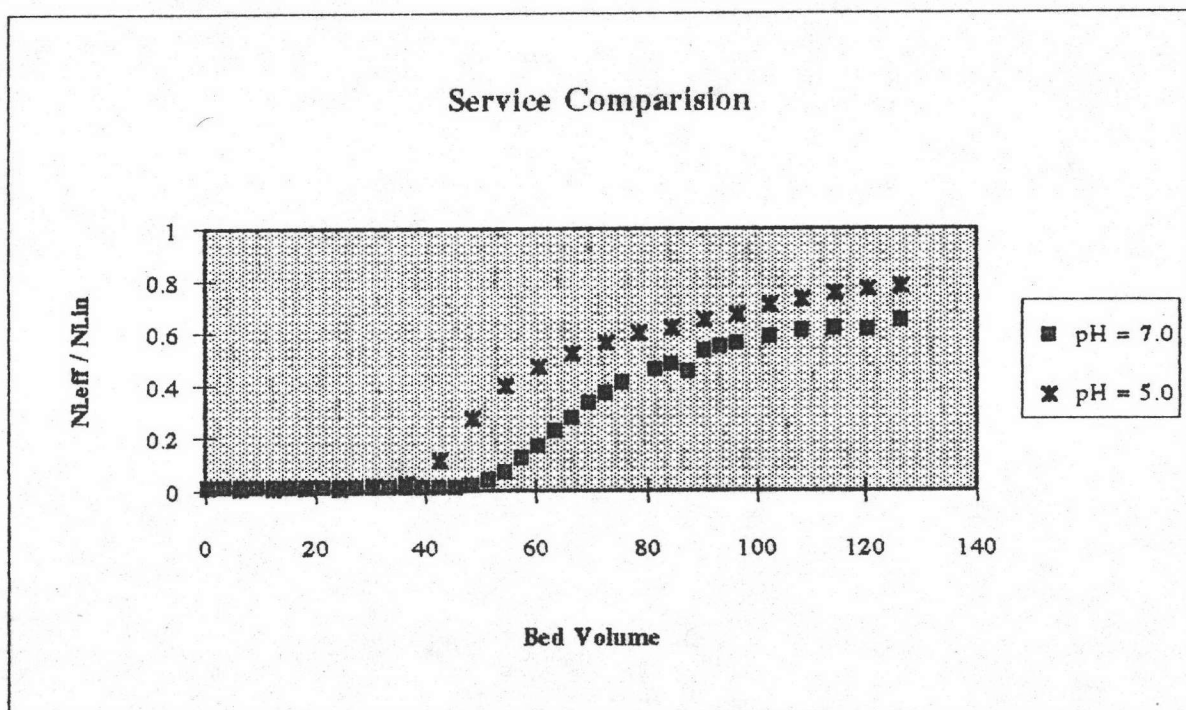
รูปที่ 5.6 กราฟเปรียบเทียบ pH ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่หนักเกิด 10 mg/l ที่มีการปรับ pH=5 และไม่มีการปรับ pH ซึ่งมีค่า pH=7 หลังจากผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



รูปที่ 5.7 กราฟเปรียบเทียบ conductivity ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่หนักเกิด 10 mg/l ที่มีการปรับ pH=5 และไม่มีการปรับ pH ซึ่งมีค่า pH=7 หลังจากผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



รูปที่ 5.8 กราฟเปรียบเทียบ Nickel Concentration ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีกัลเกิล 10 mg/l ที่มีการปรับ pH=5 และไม่มีการปรับ pH ซึ่งมีค่า pH=7 หลังจากผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



รูปที่ 5.9 กราฟเปรียบเทียบ Ni.eff/Ni.in ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีกัลเกิล 10 mg/l ที่มีการปรับ pH=5 และไม่มีการปรับ pH ซึ่งมีค่า pH=7 หลังจากผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

ความเข้มข้นนิกเกิลที่เข้า จะเกาะกลุ่มกัน โดยค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน ไม่เห็นความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ดังรูปที่ 5.10, 5.11, 5.12 และ 5.13

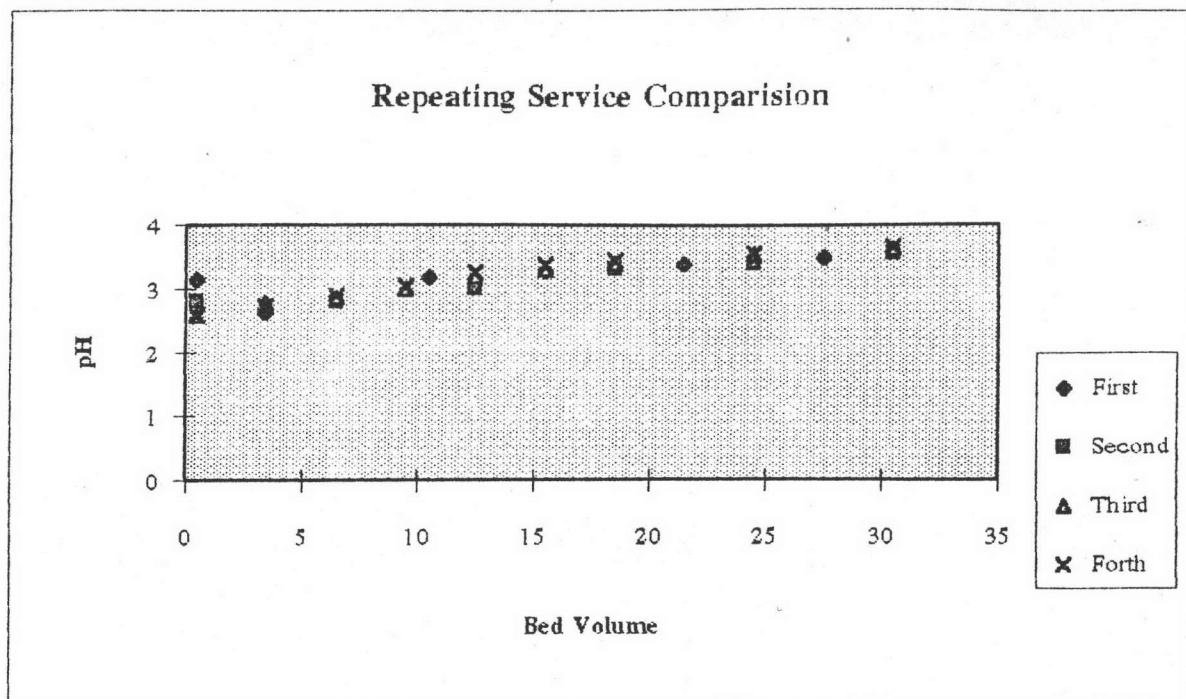
การทดลองกับคอลัมน์ขนาด \varnothing 6.75*100 ซม.

1. การหาอัตราไหลที่ดีที่สุดที่ให้ประสิทธิภาพมากที่สุดในการแลกเปลี่ยนไอออน

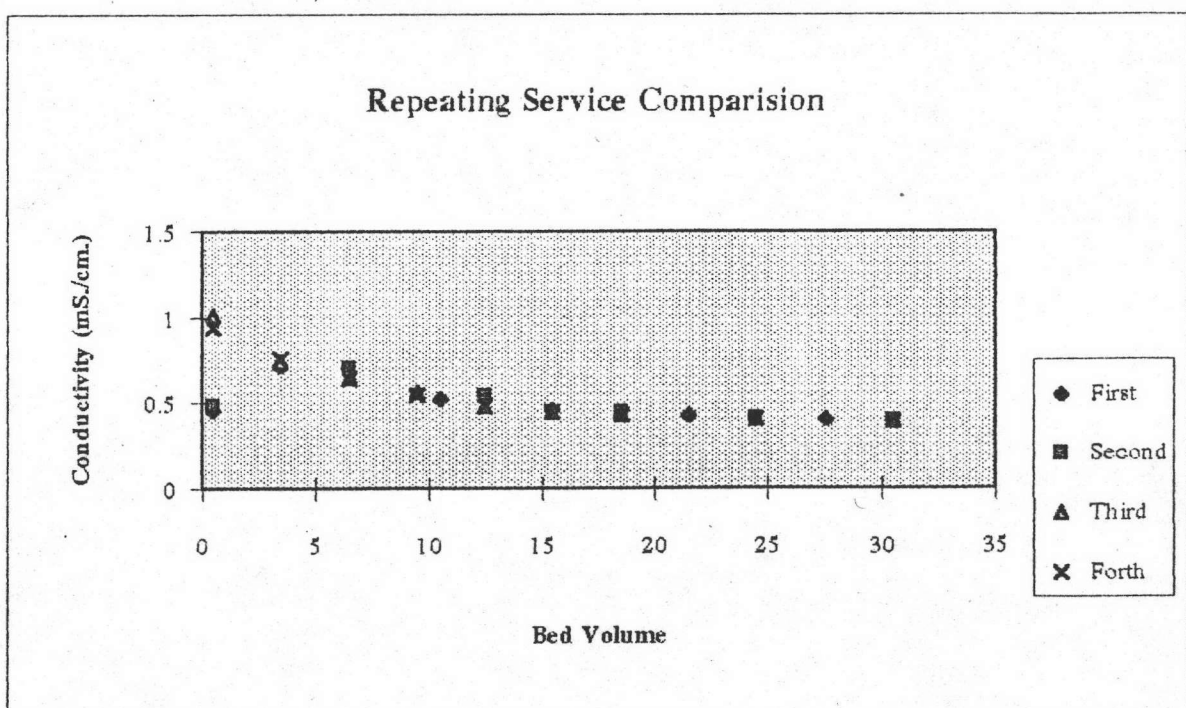
1.1 บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลเข้มข้น 250 มก./ล. จะเห็นว่าที่อัตราไหล 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง จะให้ค่า pH หลังจากผ่านผักตบชวามากกว่าอัตราไหลที่ 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง และอัตราไหลที่ 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงจะให้ค่า pH หลังจากผ่านผักตบชวามากกว่าอัตราไหลที่ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง ดังรูปที่ 5.14 ส่วนค่า conductivity ในช่วง 20 ชั้นเรซินแรกค่า conductivity ของน้ำเสียที่ผ่านผักตบชวากับอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงจะต่ำกว่าค่า conductivity ของน้ำเสียที่ผ่านผักตบชวากับอัตราเร็ว 6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากนั้นค่า conductivity จะมีค่าใกล้เคียงกันไปตลอด ดังรูปที่ 5.15 ส่วนค่าความเข้มข้นนิกเกิลสังเคราะห์หลังจากผ่านผักตบชวาและค่าความเข้มข้นนิกเกิลสังเคราะห์หลังจากผ่านผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลสังเคราะห์ที่เข้า จะมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 อัตราเร็ว แต่ในช่วง 5 ชั้นเรซินแรกผักตบชวาที่รับน้ำเสียที่ 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง จะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนได้ดีกว่าผักตบชวาที่รับน้ำเสีย 9 และ 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงตามลำดับดังรูปที่ 5.16 และรูปที่ 5.17

1.2 บริการด้วยความเข้มข้นนิกเกิลสังเคราะห์ 100 มก./ล. จะเห็นว่าที่ pH ของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลที่ไหลผ่านผักตบชวากับอัตราเร็ว 3, 6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง จะไม่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ดังรูปที่ 5.18 ส่วนค่า conductivity ของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลที่ไหลผ่านผักตบชวาแล้วด้วยความเร็ว 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง จะมีค่าสูงกว่าน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลที่ไหลผ่านผักตบชวาแล้วด้วยความเร็ว 3 และ 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงดังรูปที่ 5.19 ส่วนค่าความเข้มข้นนิกเกิลสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวา และความเข้มข้นนิกเกิลสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่เข้า จะมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 อัตราเร็วดังรูปที่ 5.20 และ 5.21

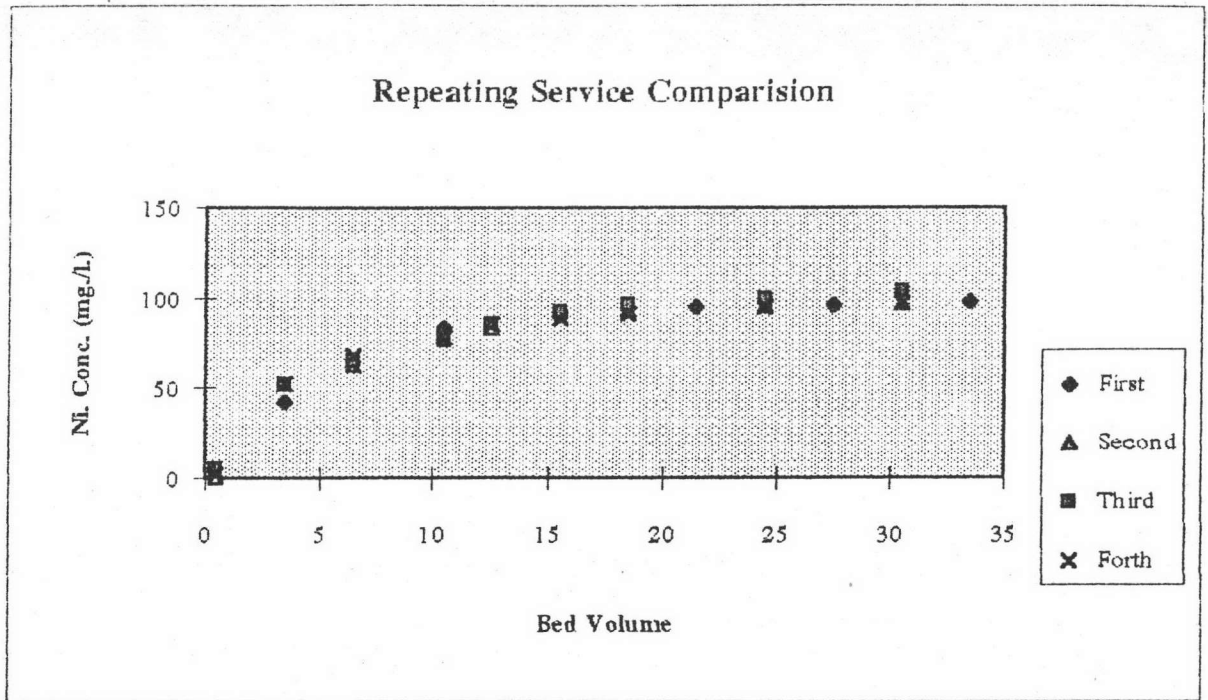
เมื่อนำข้อมูลของ ความเข้มข้นนิกเกิลสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาแล้วต่อความเข้มข้นนิกเกิลสังเคราะห์เข้าของทั้ง 2 ข้อด้านบนมารวมกันดังรูปที่ 5.22 จะเห็นว่าน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 100 มก./ล. จะถูกผักตบชวาดูดซับได้ดีกว่าน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 250 มก./ล. เพราะอัตราส่วนของความเข้มข้นนิกเกิลสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาแล้วต่อความเข้มข้นนิกเกิล



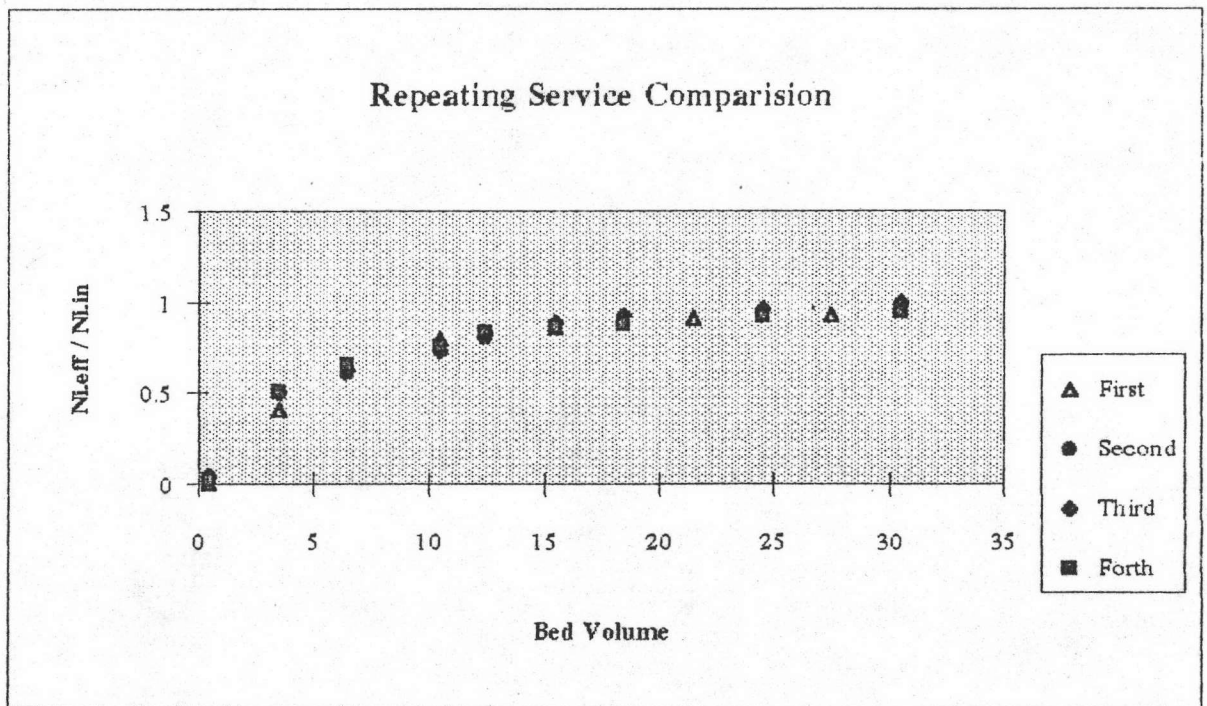
รูปที่ 5.10 กราฟเปรียบเทียบ pH ของการทดลองซ้ำ 4 ครั้งด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l. หลังจากไหลผ่าน ผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



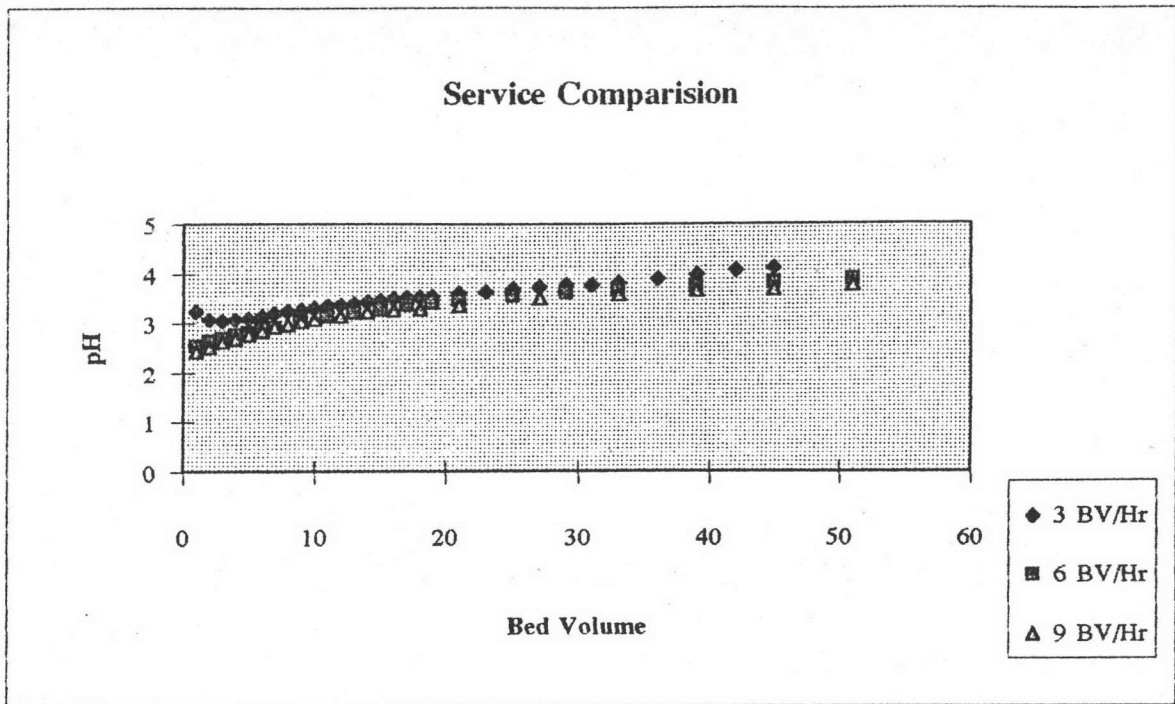
รูปที่ 5.11 กราฟเปรียบเทียบ Conductivity ของการทดลองซ้ำ 4 ครั้งด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l. หลังจากไหลผ่าน ผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



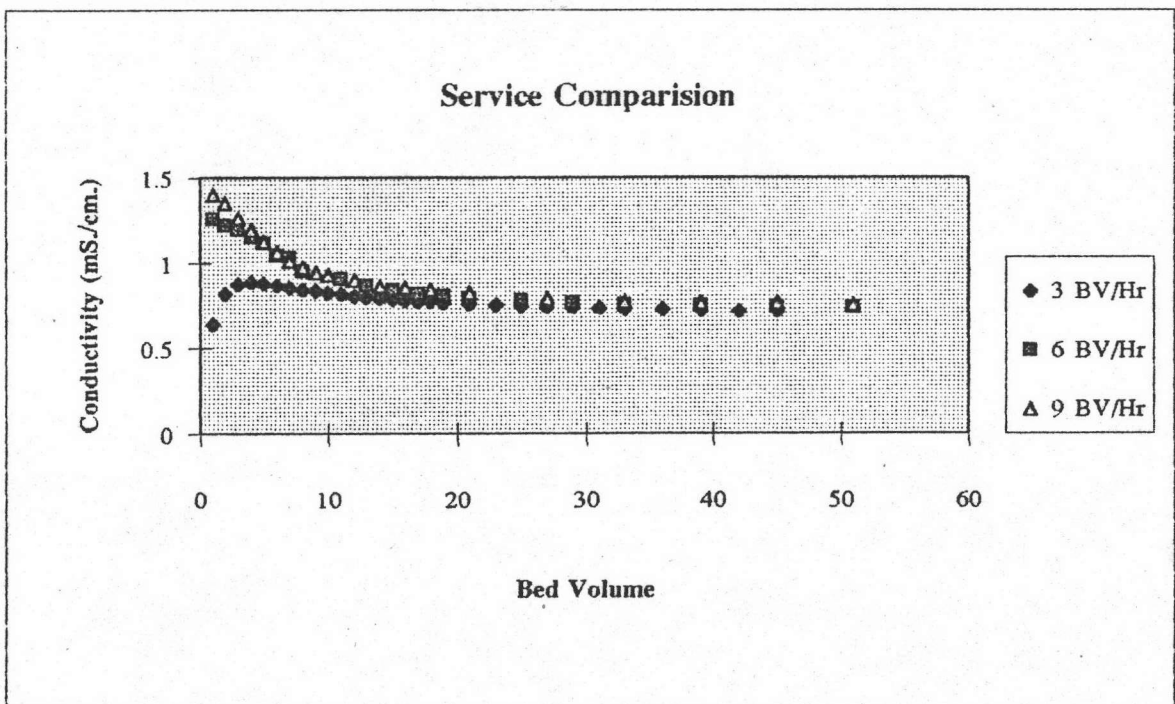
รูปที่ 5.12 กราฟเปรียบเทียบ Nickel Concentration ของการทดลองซ้ำ 4 ครั้งด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l. หลังจากไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



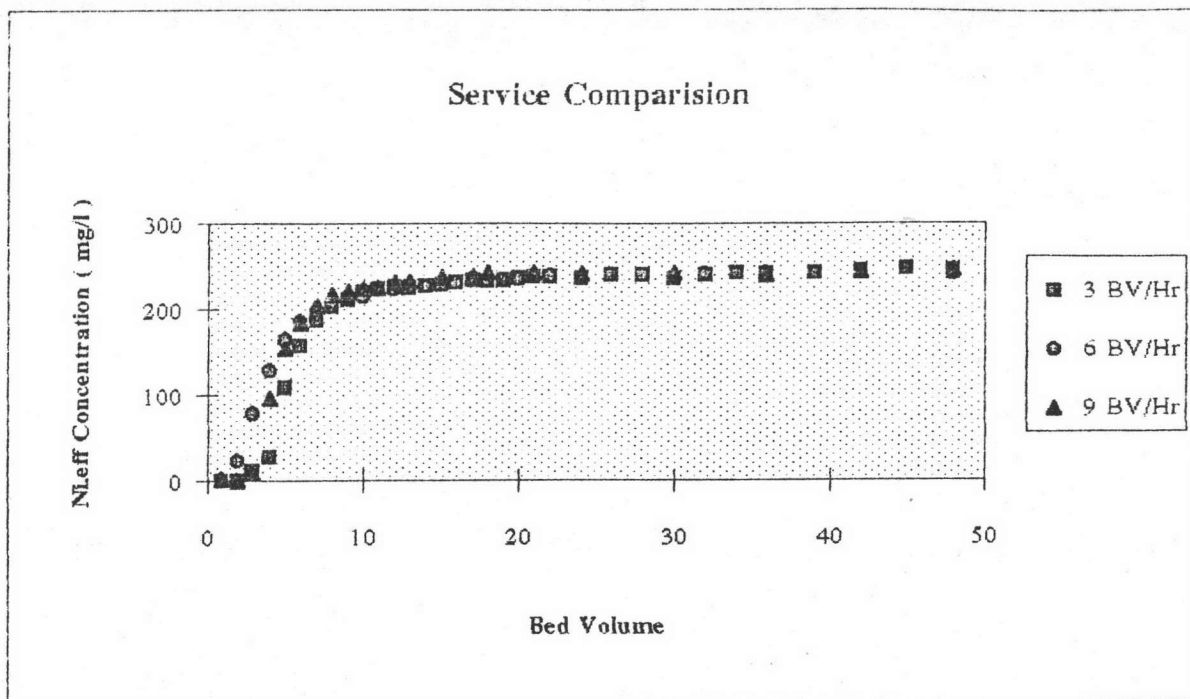
รูปที่ 5.13 กราฟเปรียบเทียบ N_{leff} / N_{in} ของการทดลองซ้ำ 4 ครั้งด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l. หลังจากไหลผ่านผักตบชวาอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



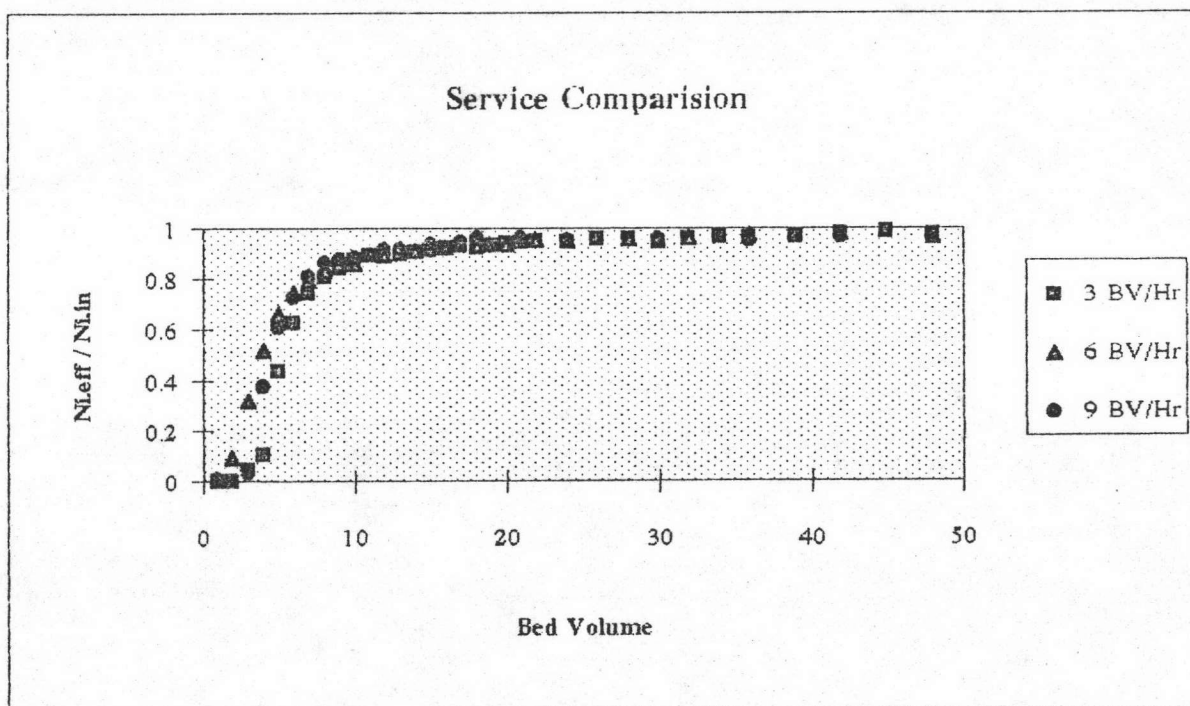
รูปที่ 5.14 กราฟเปรียบเทียบ pH ของน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3.6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



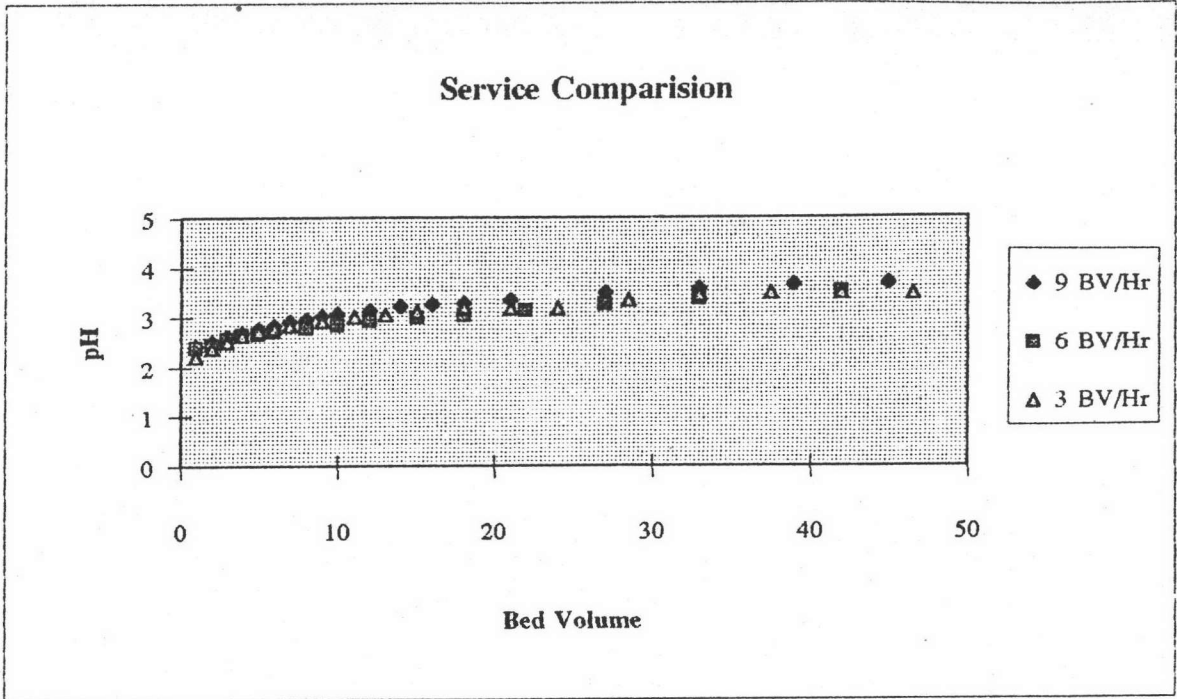
รูปที่ 5.15 กราฟเปรียบเทียบ Conductivity ของน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวา ด้วยอัตราเร็ว 3,6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



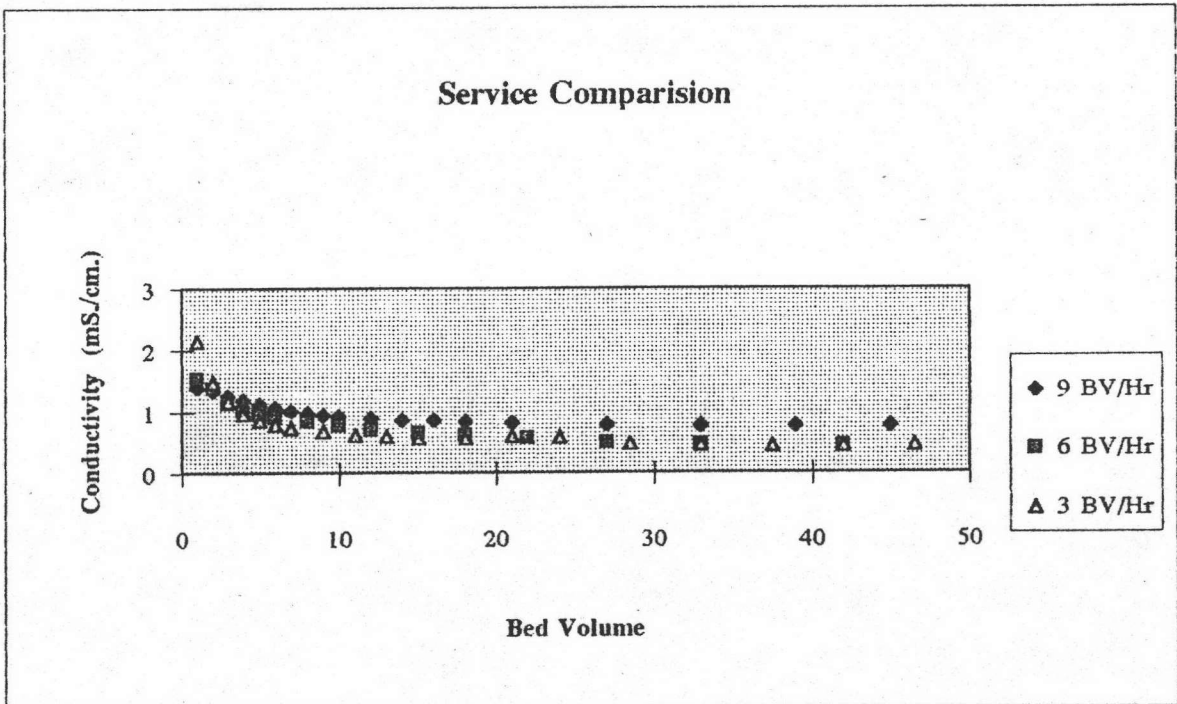
รูปที่ 5.16 กราฟเปรียบเทียบ Nickel Concentration ของน้ำเสียสังเคราะห์ 250 มก./ล. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วย อัตราเร็ว 3, 6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



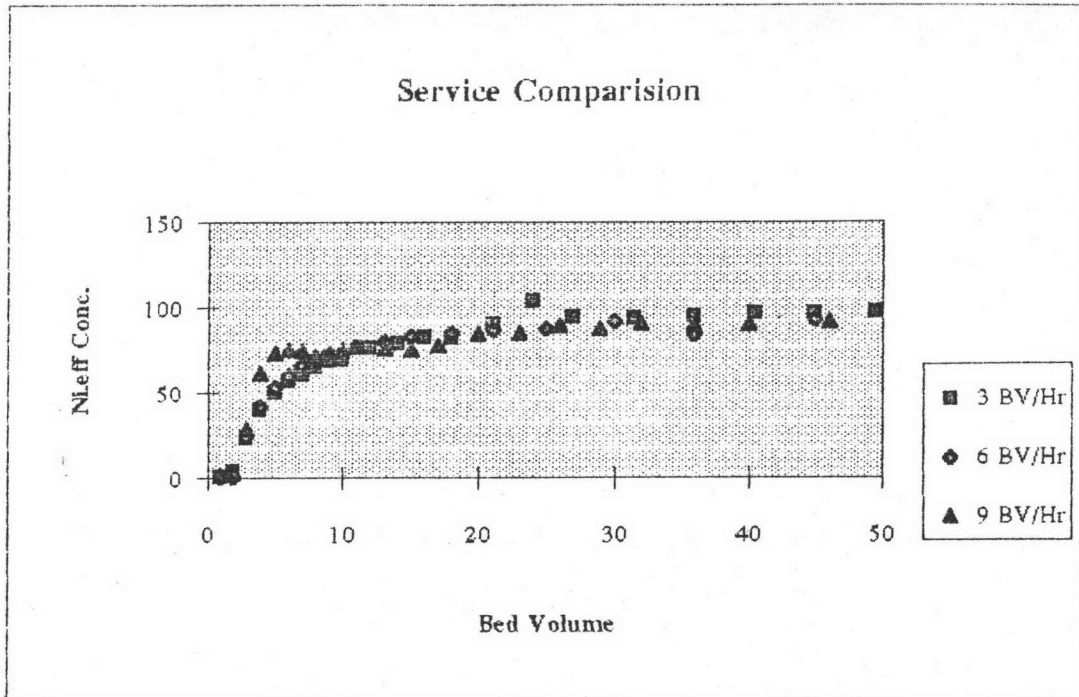
รูปที่ 5.17 กราฟเปรียบเทียบ Ni_{eff} / Ni_{in} ของน้ำเสียสังเคราะห์ 250 มก./ล. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วย อัตราเร็ว 3, 6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



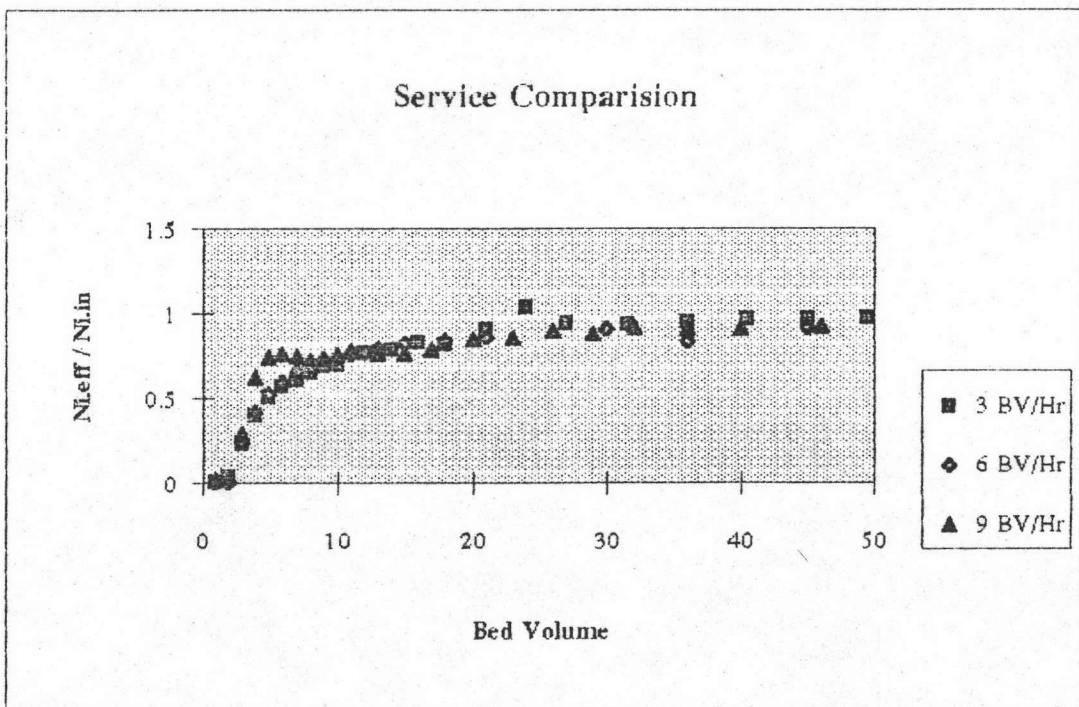
รูปที่ 5.18 กราฟเปรียบเทียบ pH ของน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



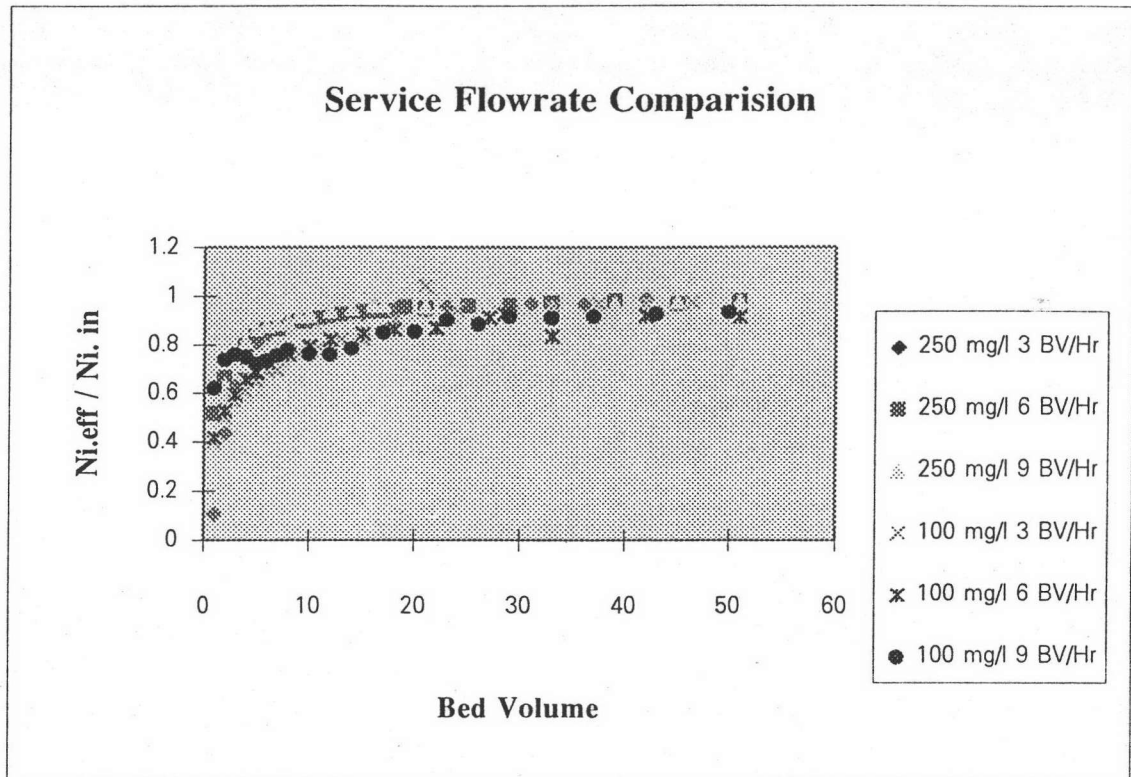
รูปที่ 5.19 กราฟเปรียบเทียบ Conductivity ของน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวา ด้วยอัตราเร็ว 3,6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



รูปที่ 5.20 กราฟเปรียบเทียบ Nickel Concentration ของน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวา ด้วยอัตราเร็ว 3, 6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



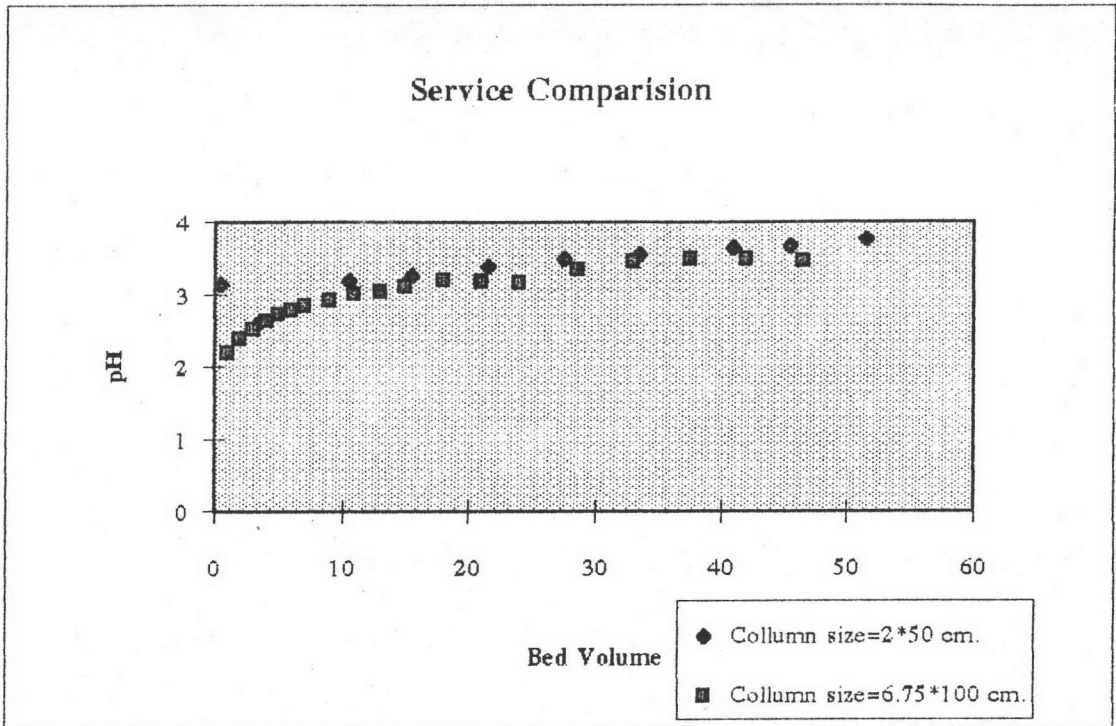
รูปที่ 5.21 กราฟเปรียบเทียบ NLeff / Ni.in ของน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3, 6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง



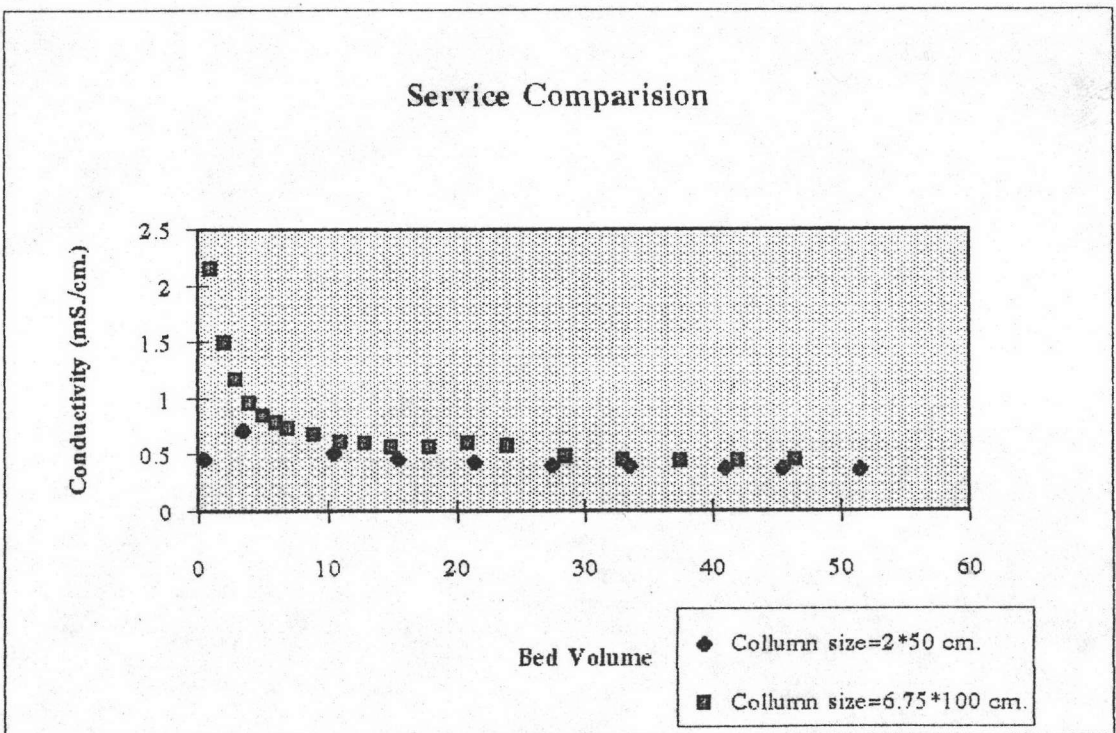
รูปที่ 5.22 กราฟเปรียบเทียบ $Ni.eff/Ni.in$ ของน้ำเสียสังเคราะห์ 100 และ 250 mg/l ที่ไหลผ่าน ผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3, 6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

สังเคราะห์ 100 มก./ล. ที่เข้าจะน้อยกว่าอัตราส่วนของความเข้มข้นนิกเกิลสังเคราะห์ที่ไหลผ่าน ผักตบชวาแล้วต่อความเข้มข้นนิกเกิล 250 มก./ล. ที่เข้า

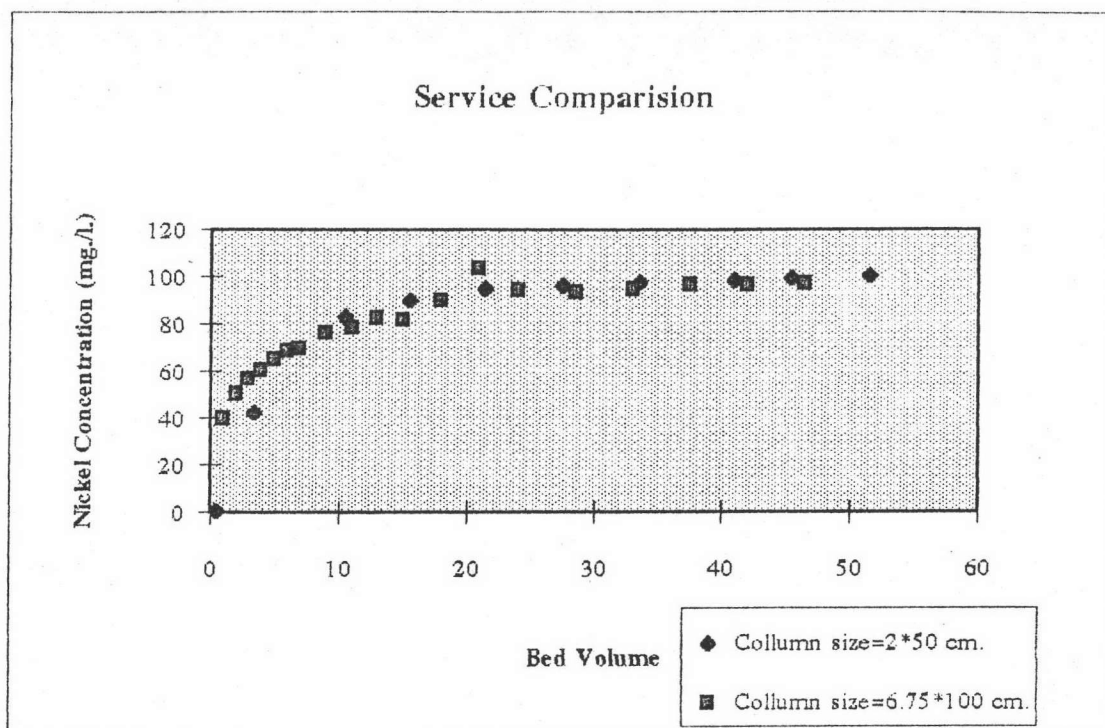
1.3 การเปรียบเทียบผลของขนาดของคอลัมน์ จะเห็นว่าค่า pH ของคอลัมน์ขนาด $\varnothing 2 \times 50$ ซม. ปริมาตร 10 ชั้นเรซินแรกของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 100 มก./ล. ที่ผ่านผักตบชวาออกมาจะแตกต่างกันอย่างมากกับน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 100 มก./ล. ที่ผ่านผักตบชวาในคอลัมน์ขนาด $\varnothing 6.75 \times 100$ ซม. ออกมา ดังรูปที่ 5.23 แต่หลังจากนั้นทั้ง 2 คอลัมน์ก็จะมีค่า pH ที่ใกล้เคียงกัน ค่า pH ของน้ำเสียที่ผ่านคอลัมน์เล็กจะเปลี่ยนแปลงทีละน้อย ส่วนน้ำเสียที่ผ่านคอลัมน์ใหญ่จะมีค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงมากในช่วง 3 ปริมาตรเรซินแรก ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำที่แช่ค้างอยู่กับเรซินก่อนเริ่มการทดลอง ส่วนค่า conductivity จะเห็นว่าน้ำเสียที่ผ่านผักตบชวาในคอลัมน์ใหญ่จะมีค่า conductivity ใกล้เคียงกับน้ำเสียที่ผ่านผักตบชวาในคอลัมน์เล็กดังรูปที่ 5.24 และช่วง 3 ปริมาตรเรซินแรกนั้น น้ำเสียที่ผ่านคอลัมน์ใหญ่จะมีความเปลี่ยนแปลงของค่า conductivity ค่อนข้างมากด้วยสาเหตุเช่นเดียวกับค่า pH ส่วนค่าความเข้มข้นนิกเกิลสังเคราะห์ที่ผ่านผักตบชวา และค่าความเข้มข้นนิกเกิลสังเคราะห์ที่ผ่านผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลสังเคราะห์ที่เข้า จะเห็นว่าค่าที่ได้ไม่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 5.25 และ 5.26



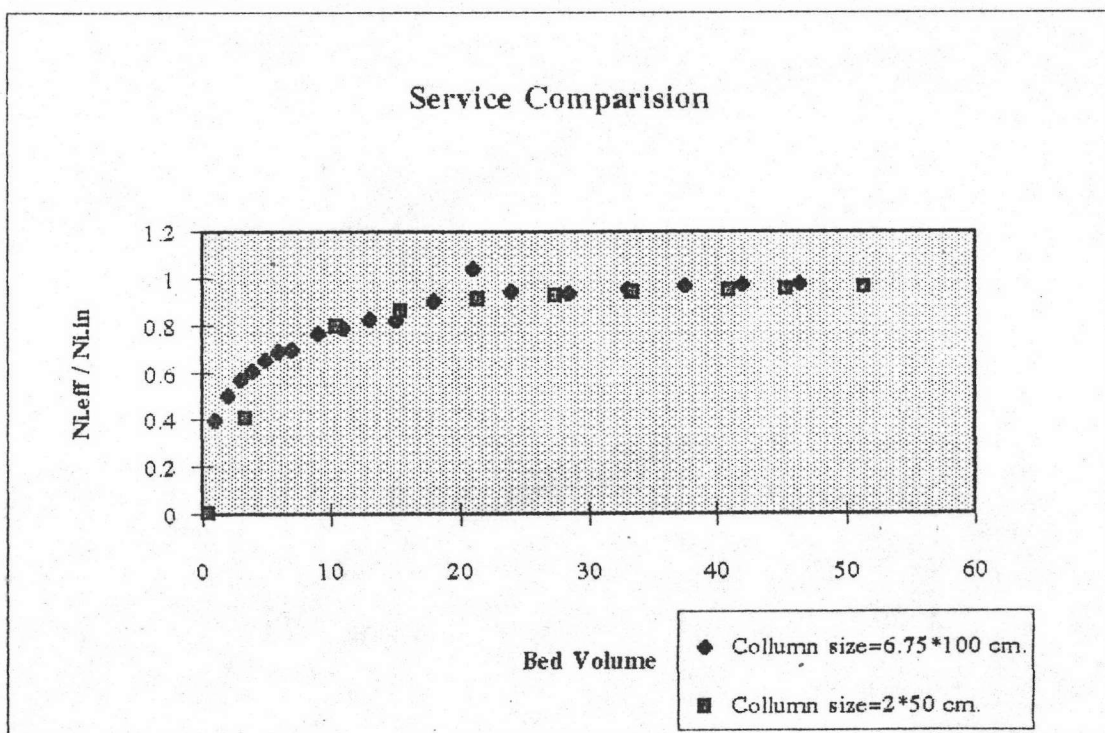
รูปที่ 5.23 กราฟเปรียบเทียบ pH ของการทดลองในหลอดทดลองขนาด 2*50 และ 6.75*100 ซม. ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 มก./ล. หลังจากผ่านผักตบชวา ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงในช่วงบริการ



รูปที่ 5.24 กราฟเปรียบเทียบ Conductivity ของการทดลองในหลอดทดลองขนาด 2*50 และ 6.75*100 ซม. ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 มก./ล. หลังจากผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงในช่วงบริการ



รูปที่ 5.25 กราฟเปรียบเทียบ Nickel Concentration ของการทดลองในหลอดทดลองขนาด 2*50 และ 6.75*100 ซม. ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 มก./ล. หลังจากผ่านผักตบชวา ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงในช่วงบริการ



รูปที่ 5.26 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิเกิลกลับทั้งหมด ของการทดลองในหลอดทดลองขนาด 2*50 และ 6.75*100 ซม. ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 มก./ล. หลังจากผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงในช่วงบริการ



2. การหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของการพ่นอำนาจ

2.1 การพ่นอำนาจหลังบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลเข้มข้น 100 มก./ล. สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้น HCl 0.75 N. ที่อัตราเร็วในการไหลที่ 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงจะสามารถนำกลับนิกเกิลทั้งหมดได้มากที่สุดถึง 83 % แต่จากตารางที่ 5.2 เปรอร์เซ็นต์การนำกลับที่จุดความเข้มข้นนิกเกิลรวมสูงสุดจะมีค่าเท่ากับ 64 % ซึ่งน้อยกว่าการใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.25 N. ด้วยอัตราไหล 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงซึ่งนำกลับนิกเกิลได้ 80 % โดยที่ค่าของการนำกลับทั้งหมดของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.25 N. ด้วยอัตราเร็ว 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 81 % ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.75 N. ที่อัตราการไหล 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง และค่าปริมาณนิกเกิลที่พ่นอำนาจมาได้ต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้มีค่าสูงสุดที่อัตราการไหลของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.25 N. 6 BV./Hr ดังแสดงในตารางที่ 5.3 โดยมีค่าต่างๆที่วัดได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดต่อปริมาณเรซิน ผักตบชวาที่ใช้และเปอร์เซ็นต์การนำกลับทั้งหมด หลังจากบริการด้วยน้ำเสีย นิกเกิลสังเคราะห์ 100 มก./ล.

ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (N.)	อัตราเร็ว (BV./Hr.)	ปริมาณนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมด (มก.)	ปริมาณนิกเกิลแลกเปลี่ยนต่อปริมาณเรซินผักตบชวา (มก.นิกเกิล / ก.เรซิน)	% การนำกลับทั้งหมด
0.5	3	551.42	7.35	68
0.5	6	731.42	9.75	62
0.5	9	737.47	9.83	59
1	3	572.39	7.63	70
0.75	3	500.69	6.68	83
0.75	6	601.01	8.01	55
0.75	9	639.95	8.53	51
0.25	3	644.65	8.59	47
0.25	6	681.65	9.09	64
0.25	9	590.45	7.87	81

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การนำกลับและปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกในหน่วยกรัม ขณะนิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด หลังจากบริการด้วยน้ำเสีย นิกเกิลสังเคราะห์ 100 มก./ล.

ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (N.)	อัตราเร็ว (BV./Hr.)	นิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด					ปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรด (mg.Ni./g.HCl)
		ชั้นเรซินที่นำกลับ (BV.)	ความเข้มข้นนิกเกิล (มก./ล.)	ปริมาณนิกเกิลรวม (มก.)	% การนำกลับ	ปริมาณกรดไฮโดรคลอริก (กรัม)	
0.5	3	3	82.21	246.6	45	54.68	4.51
0.5	6	5	78.25	391.3	53	91.13	4.29
0.5	9	6	62.33	374.0	51	109.35	3.42
1	3	4.25	73.83	313.8	55	154.91	2.02
0.75	3	4	80.26	321.0	64	109.35	2.94
0.75	6	3.5	73.45	257.1	43	95.68	2.68
0.75	9	5.5	41.05	225.8	35	150.36	1.50
0.25	3	5.5	48.34	265.9	41	50.12	5.30
0.25	6	4	87.28	349.1	51	36.45	9.58
0.25	9	7	67.68	473.8	80	63.79	7.42

2.1.1 pH จะเห็นว่าช่วงชั้นเรซิน 1-2 ชั้นเรซินแรก ค่า pH จะไม่แน่นอน แต่เมื่อผ่านไปจะเห็นการจัดเรียง pH ที่ค่อนข้างเด่นชัดคือเมื่อความเข้มข้นของ HCl เท่ากับ 0.25, 0.5 และ 0.75 N. ความเร็วชั้นเรซินต่อชั่วโมงที่เพิ่มขึ้นจาก 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงเป็น 6 หรือ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงจะทำให้ค่า pH ที่ออกมามีค่าสูงขึ้น ดังรูปที่ 5.27

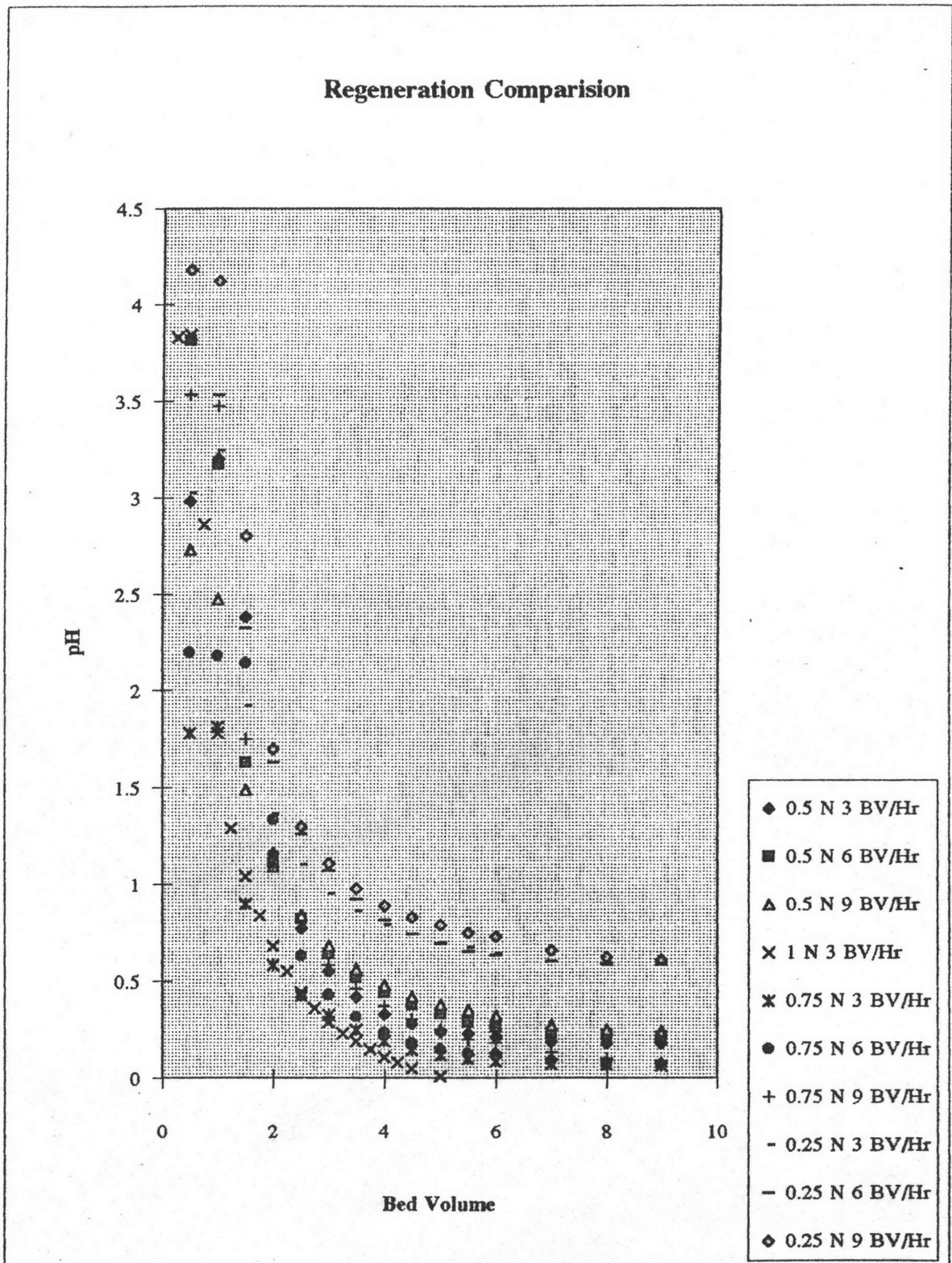
2.1.2 conductivity จะเห็นว่าค่า conductivity จะแบ่งเป็นระดับตามความเข้มข้นของ HCl ที่ใช้ในการรีเจนเนอเรชันคือ ความเข้มข้นของ HCl ที่สูงขึ้นจะมีค่า conductivity ที่สูงขึ้นตามไปด้วย และความเร็วในการไหลของ HCl ในการฟื้นฟูน้ำที่มากขึ้นจาก 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงเป็น 6 หรือ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงจะมีค่า conductivity ต่ำกว่าในกลุ่มความเข้มข้นของ HCl ที่เท่ากัน ดังรูปที่ 5.28

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกในหน่วย
อควิวาเลนต์ ขณะนิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด หลังจากบริการด้วยน้ำเสียนิกเกิล
สังเคราะห์ 100 มก./ล.

ความเข้มข้น ของกรด ไฮโดรคลอริก (N.)	อัตราเร็ว (BV./Hr.)	นิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด					ปริมาณ นิกเกิลต่อ ปริมาณกรด (meq.Ni./eq.HCl)
		ชั้นเรซิน ที่นำกลับ (BV.)	ความเข้มข้น นิกเกิล (มก./ล.)	ปริมาณ นิกเกิลรวม (มก.)	ปริมาณ นิกเกิลรวม (meq.)	ปริมาณกรด ไฮโดรคลอริก (eq.)	
0.5	3	3	82.21	246.6	8.40	1.5	5.6
0.5	6	5	78.25	391.3	13.33	2.5	5.33
0.5	9	6	62.33	374.0	12.74	3.0	4.25
1	3	4.25	73.83	313.8	10.69	4.25	2.51
0.75	3	4	80.26	321.0	10.94	3.0	3.65
0.75	6	3.5	73.45	257.1	8.76	2.625	3.34
0.75	9	5.5	41.05	225.8	7.69	4.125	1.86
0.25	3	5.5	48.34	265.9	9.06	1.375	6.59
0.25	6	4	87.28	349.1	11.89	1	11.89
0.25	9	7	67.68	473.8	16.14	1.75	9.22

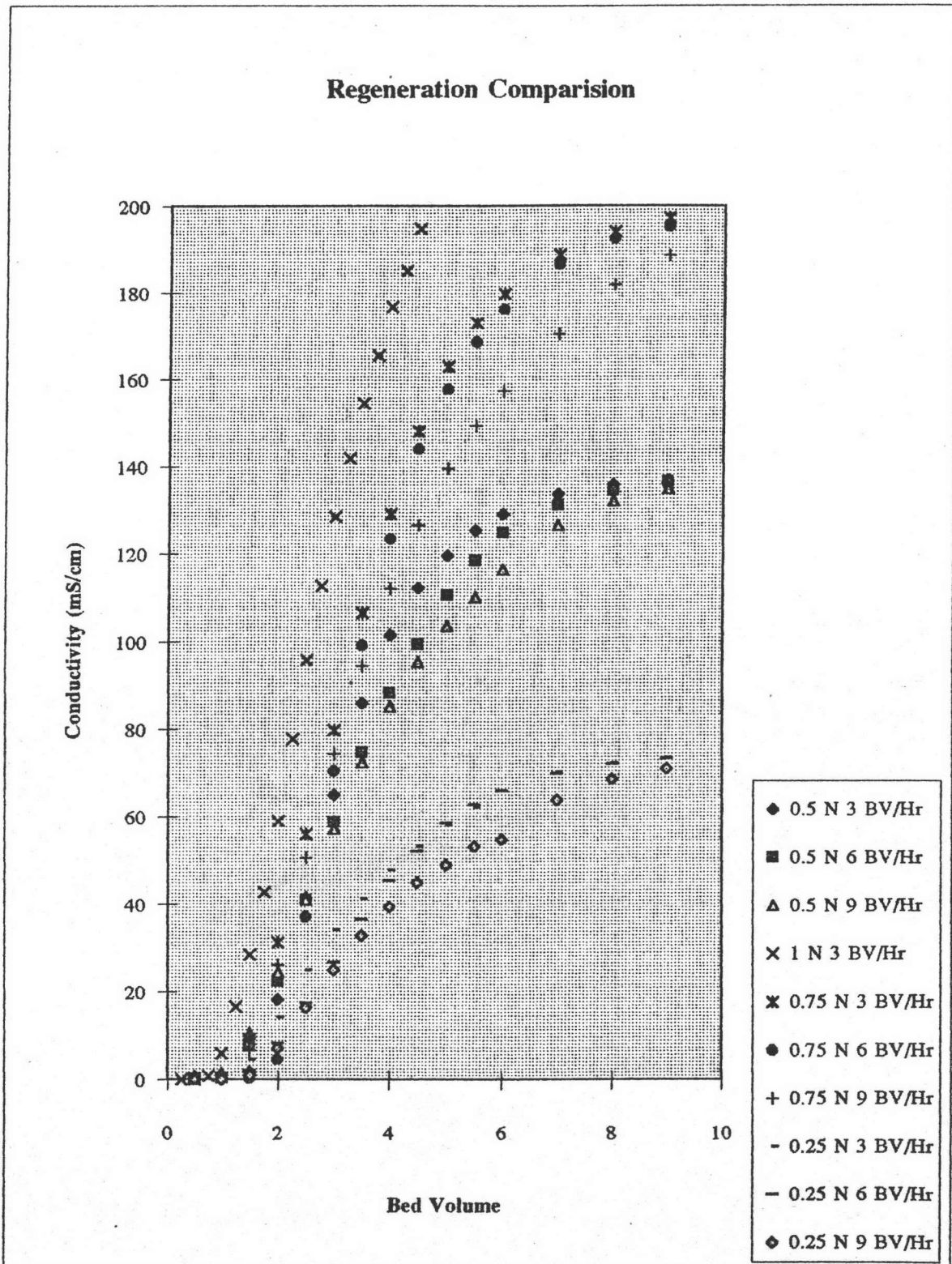
2.1.3 ค่าความเข้มข้นนิกเกิล จะเห็นว่าความเข้มข้นนิกเกิลที่ถูกพื้นอำนาจ
ออกมาเมื่อนำมาลงจุดแสดงเป็นกราฟแล้วจะเห็นเป็นรูปประมังควาเป็นส่วนใหญ่ โดยค่าความเข้มข้น
นิกเกิลสูงสุดที่ถูกพื้นอำนาจออกมาคือ วิธีการพื้นอำนาจด้วย HCl เข้มข้น 0.75 N ที่ 6 BV./Hr. ดังรูป
ที่ 5.29 ซึ่งกราฟดังกล่าวสามารถแบ่งออกเป็น 3 กราฟตามความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก เพื่อให้
สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน ดังรูปที่ 5.30, 5.31 และ 5.32 แล้วจึงนำค่าสูงที่สุดที่ได้มาของแต่ละกราฟ
นำมาลงในกราฟเดียวกันเพื่อให้ได้ค่าความเข้มข้นนิกเกิลสูงสุด ดังรูปที่ 5.33

2.1.4 ค่าความเข้มข้นนิกเกิลในสารละลายกรด HCl ที่ผ่านผักตบชวาต่อความ
เข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมด จะเห็นว่าค่าความเข้มข้นนิกเกิลในสารละลายกรด HCl ที่ผ่าน
ผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดสูงสุดที่การพื้นอำนาจด้วยกรด HCl เข้มข้น
0.75 N. ที่ความเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง ดังรูปที่ 5.34 ซึ่งใกล้เคียงกับการพื้นอำนาจด้วยกรด HCl
เข้มข้น 0.75 N. ที่ความเร็ว 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงที่มีค่าความเข้มข้นนิกเกิลสูงสุดในหัวข้อที่ 2.1.3 โดย
สามารถดูรายละเอียดได้ชัดเจนขึ้นจากรูปกราฟที่แยกย่อยดังรูปที่ 5.35, 5.36, 5.37 และ 5.38

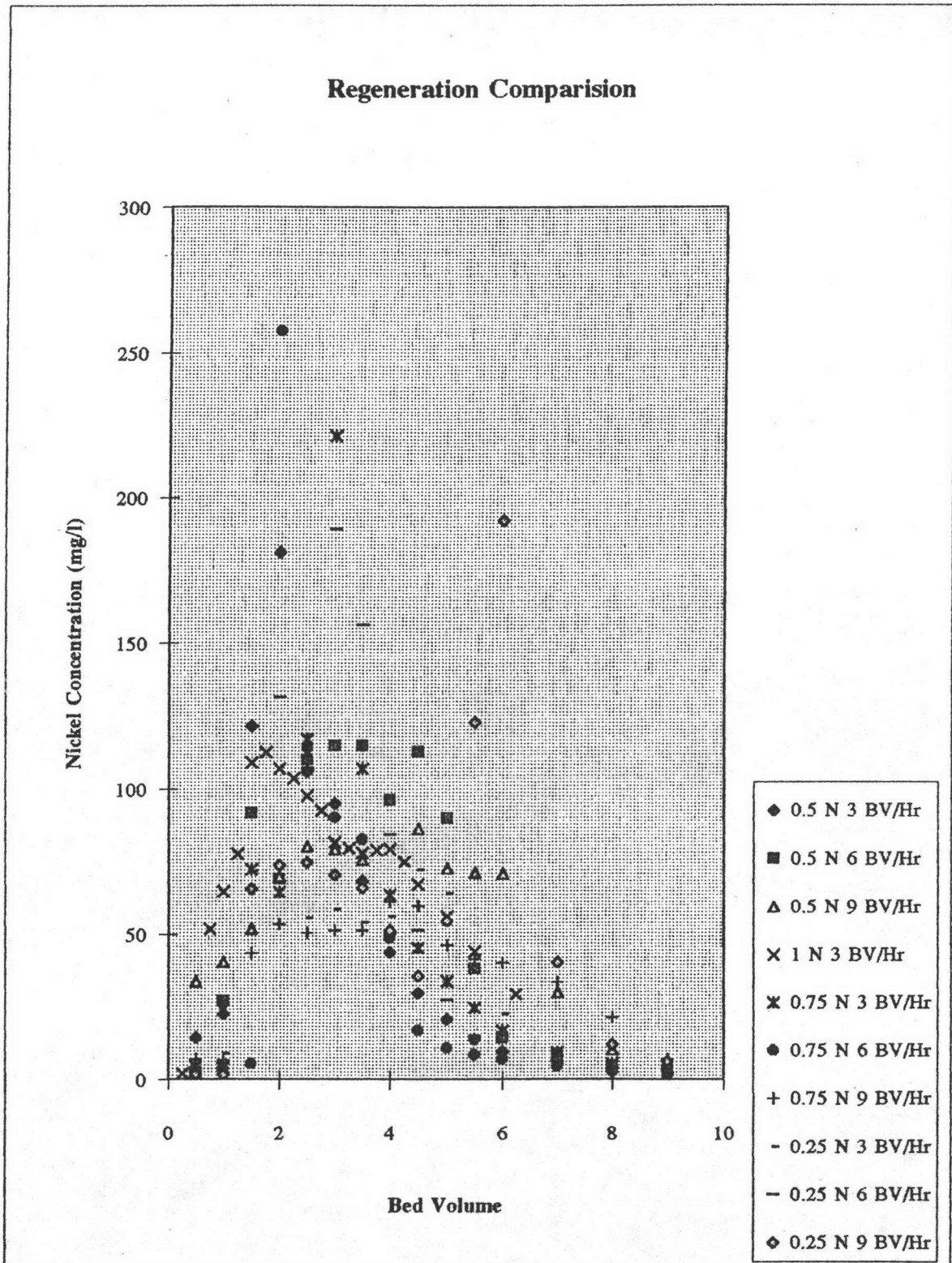


รูปที่ 5.27 กราฟเปรียบเทียบค่า pH ของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาซึ่งบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์

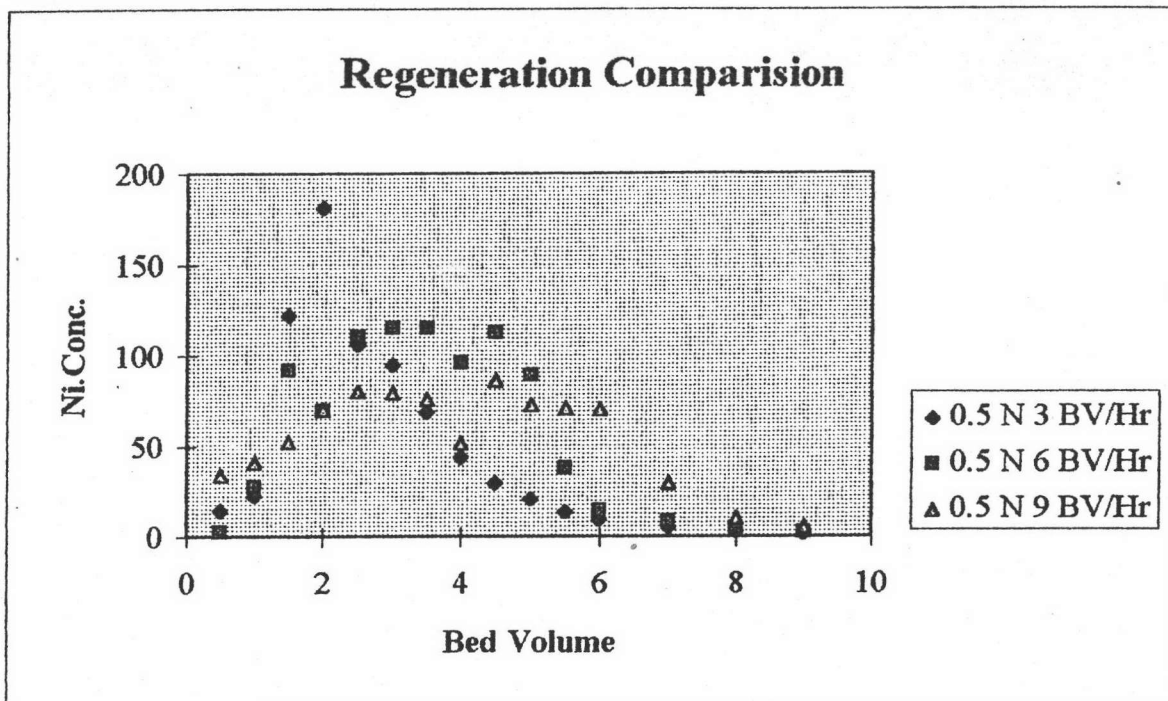
100 mg/l



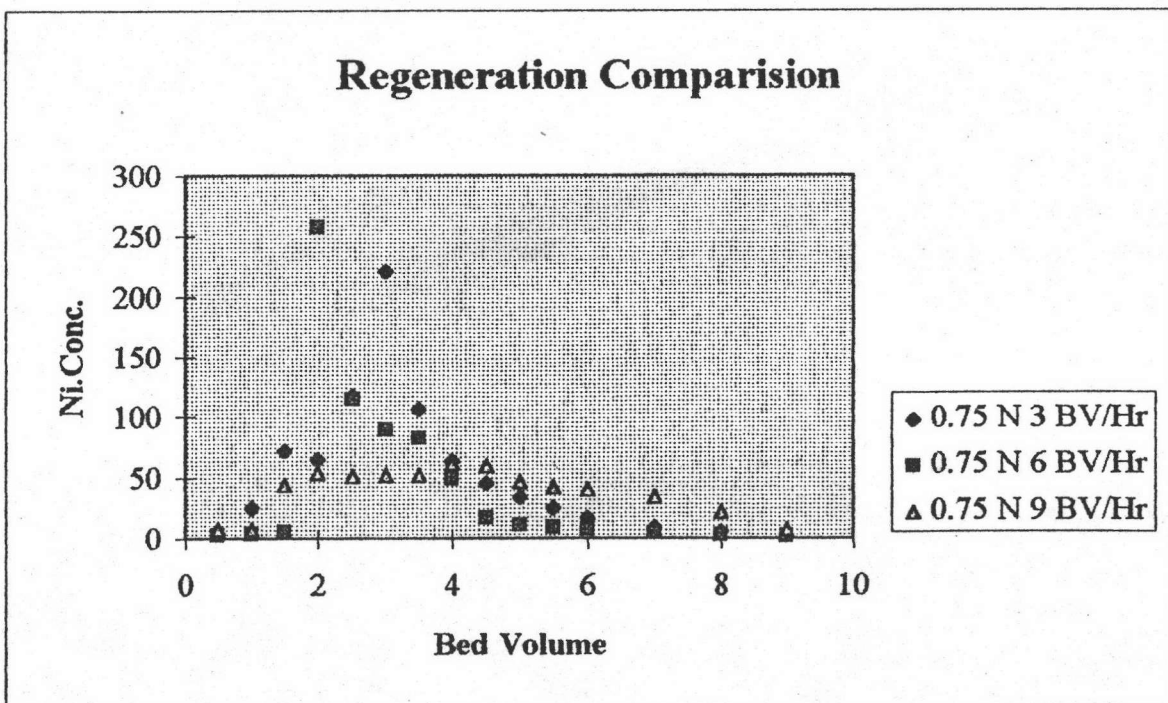
รูปที่ 5.28 กราฟเปรียบเทียบค่า Conductivity ของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาซึ่งบริการด้วยน้ำเสีย
สังเคราะห์ 100 mg/l



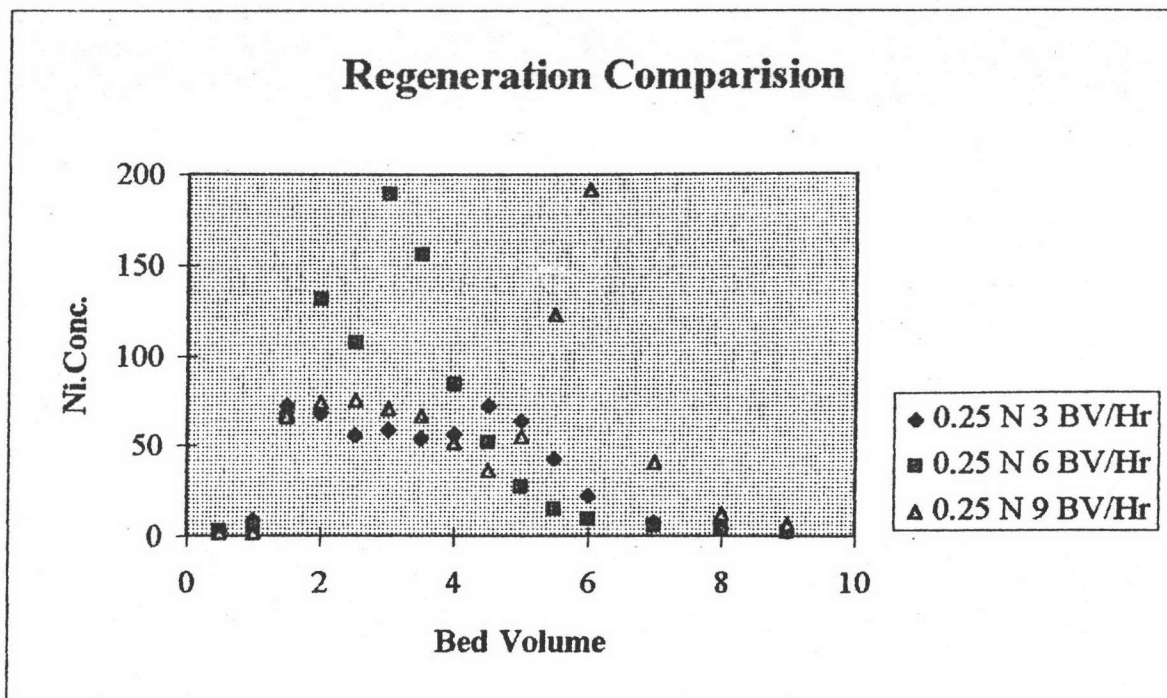
รูปที่ 5.29 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลเกิดของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาซึ่งบริการด้วยน้ำเสีย
สังเคราะห์ 100 mg/l



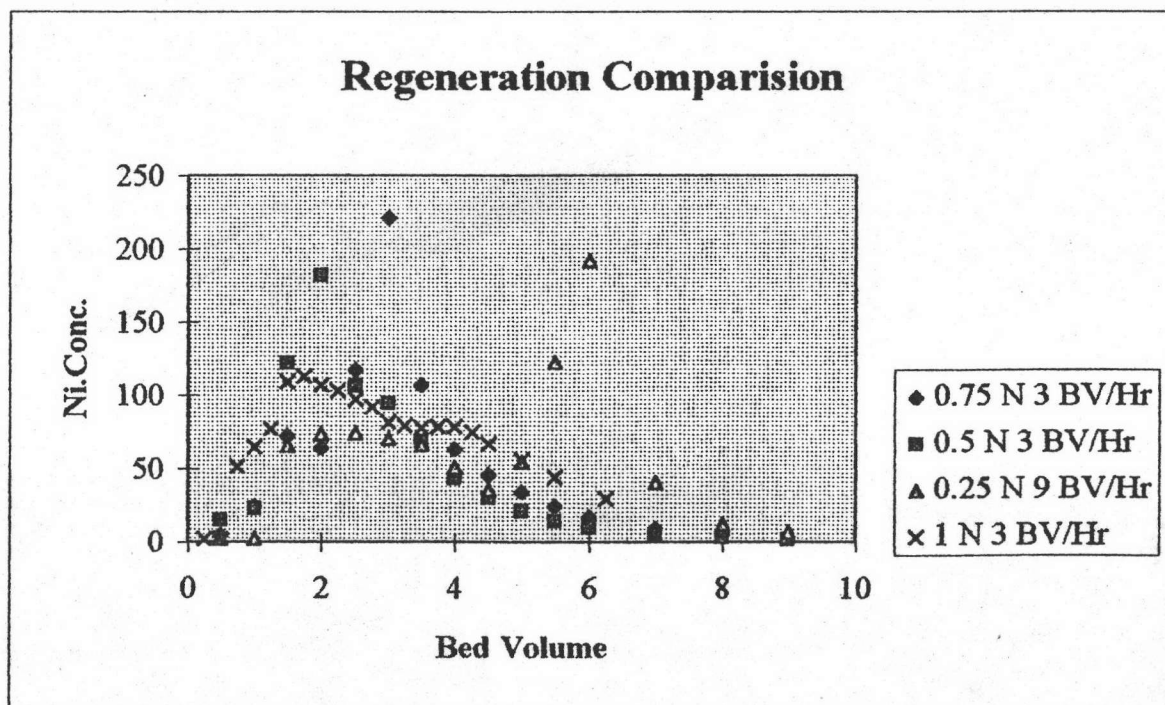
รูปที่ 5.30 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.5 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วย อัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l



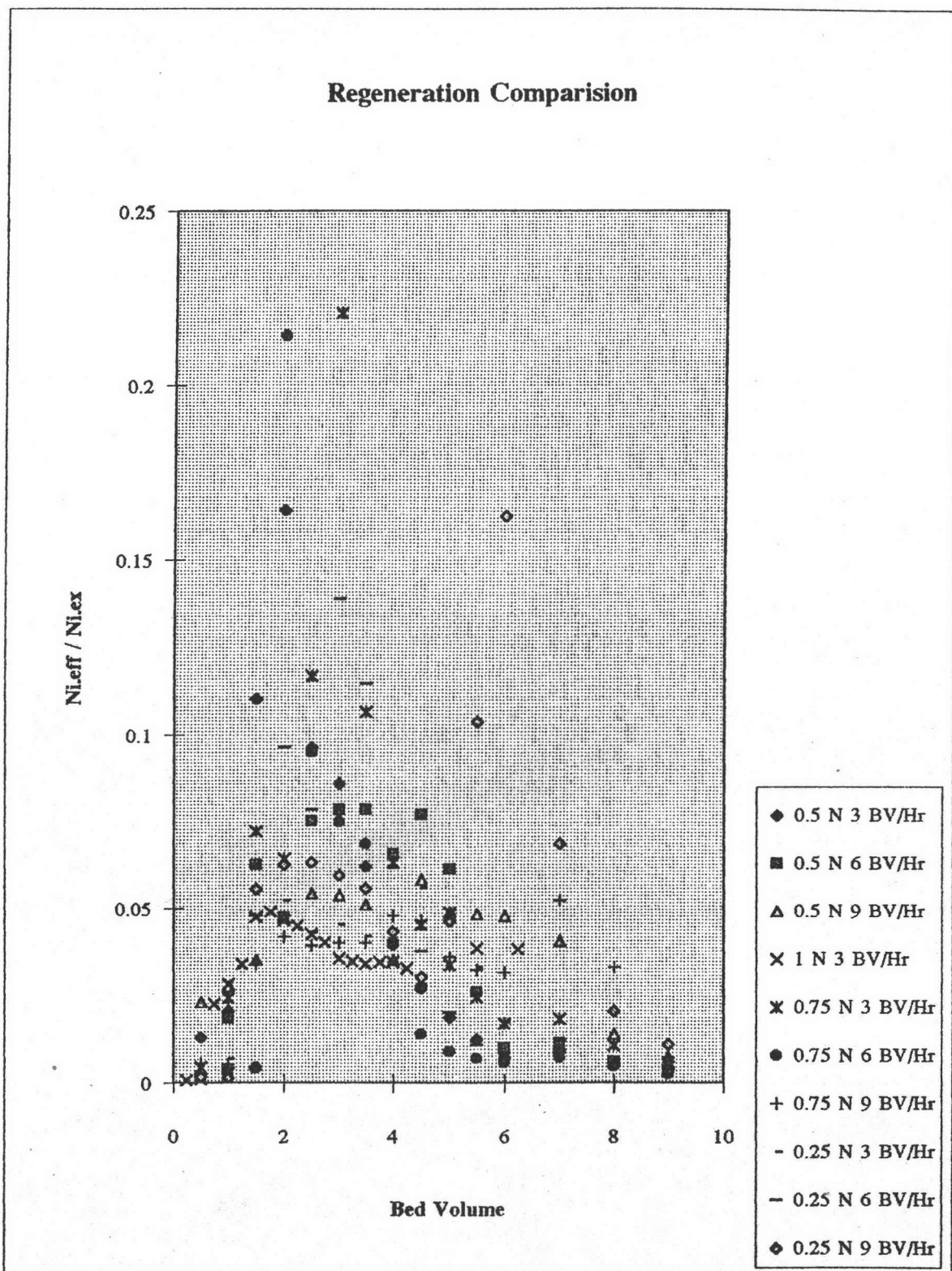
รูปที่ 5.31 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.75 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วย อัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l



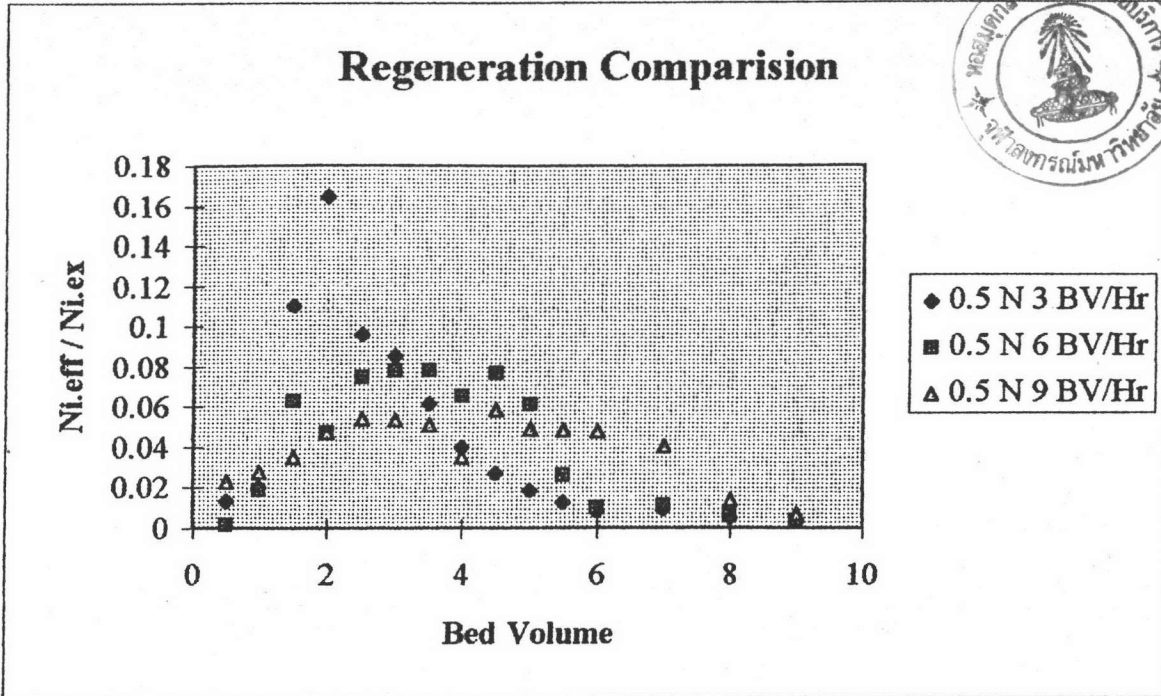
รูปที่ 5.32 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.25 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วย อัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l



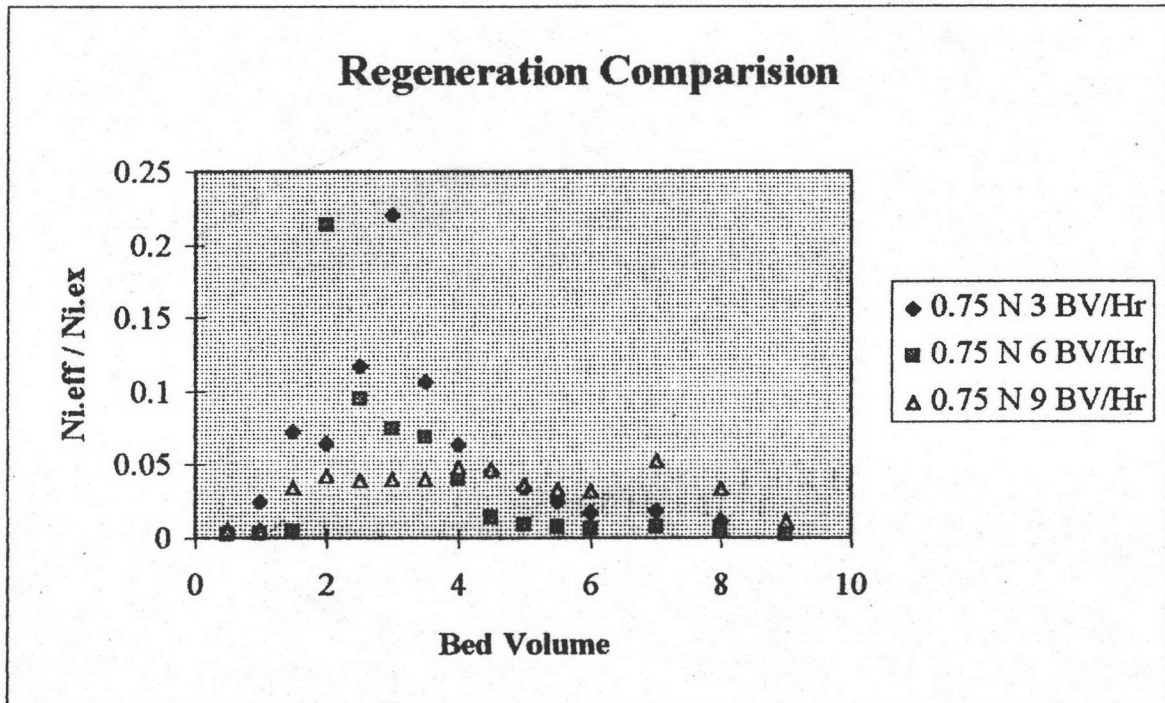
รูปที่ 5.33 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl ที่มีค่าสูงที่สุดจากกราฟรูปที่ 5.30,5.31,5.32 ที่ไหลผ่านผักตบชวา หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l



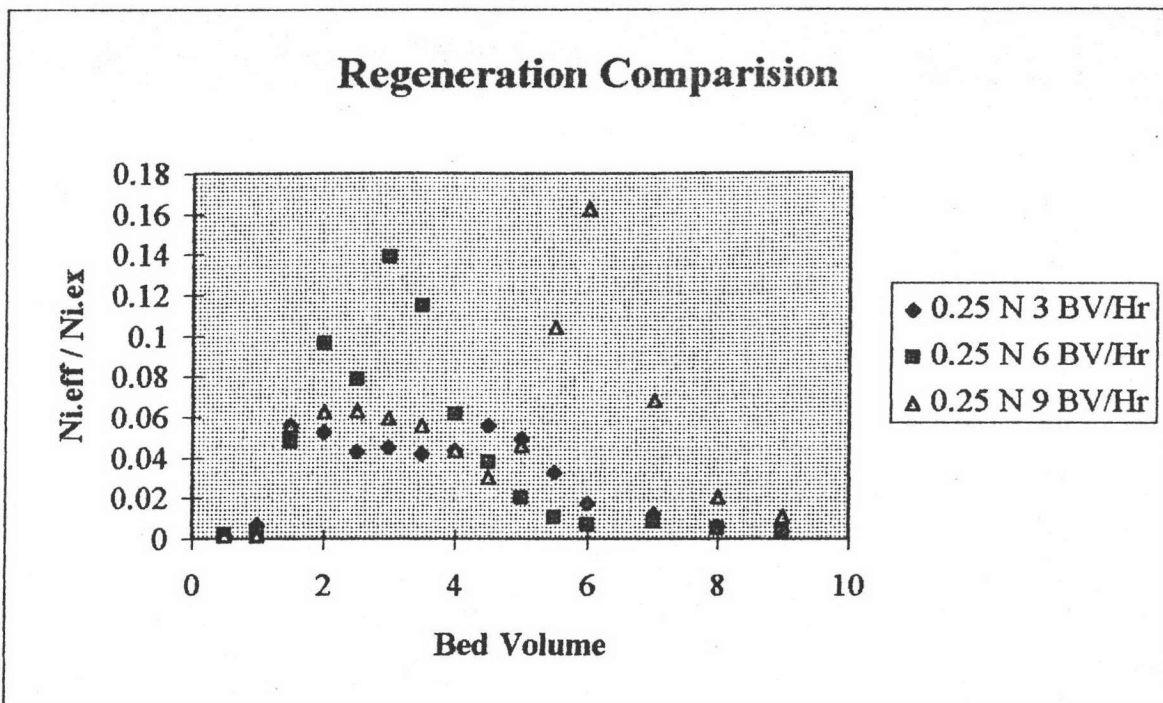
รูปที่ 5.34 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนทั้งหมด โดยผักตบชวาซึ่งบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l



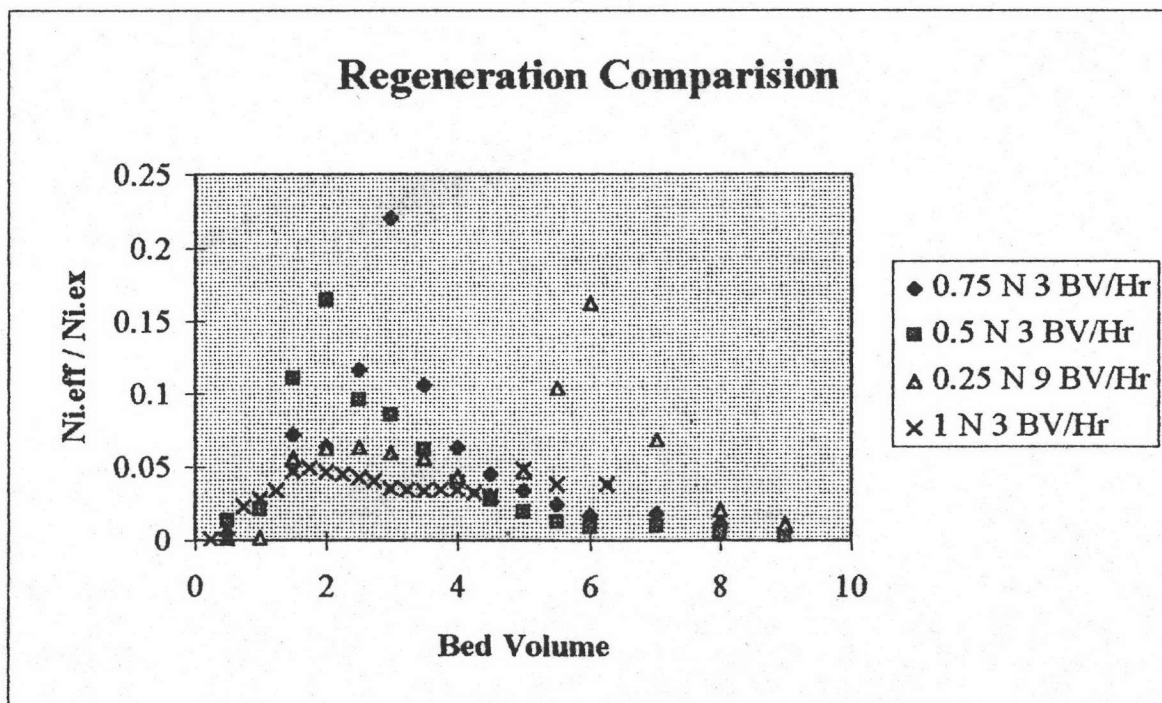
รูปที่ 5.35 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.5 N. ที่ไหลผ่านผังกบชวาด้วย อัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนทั้งหมด หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l



รูปที่ 5.36 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.75 N. ที่ไหลผ่านผังกบชวาด้วย อัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนทั้งหมด หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l



รูปที่ 5.37 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.25 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนทั้งหมด หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l



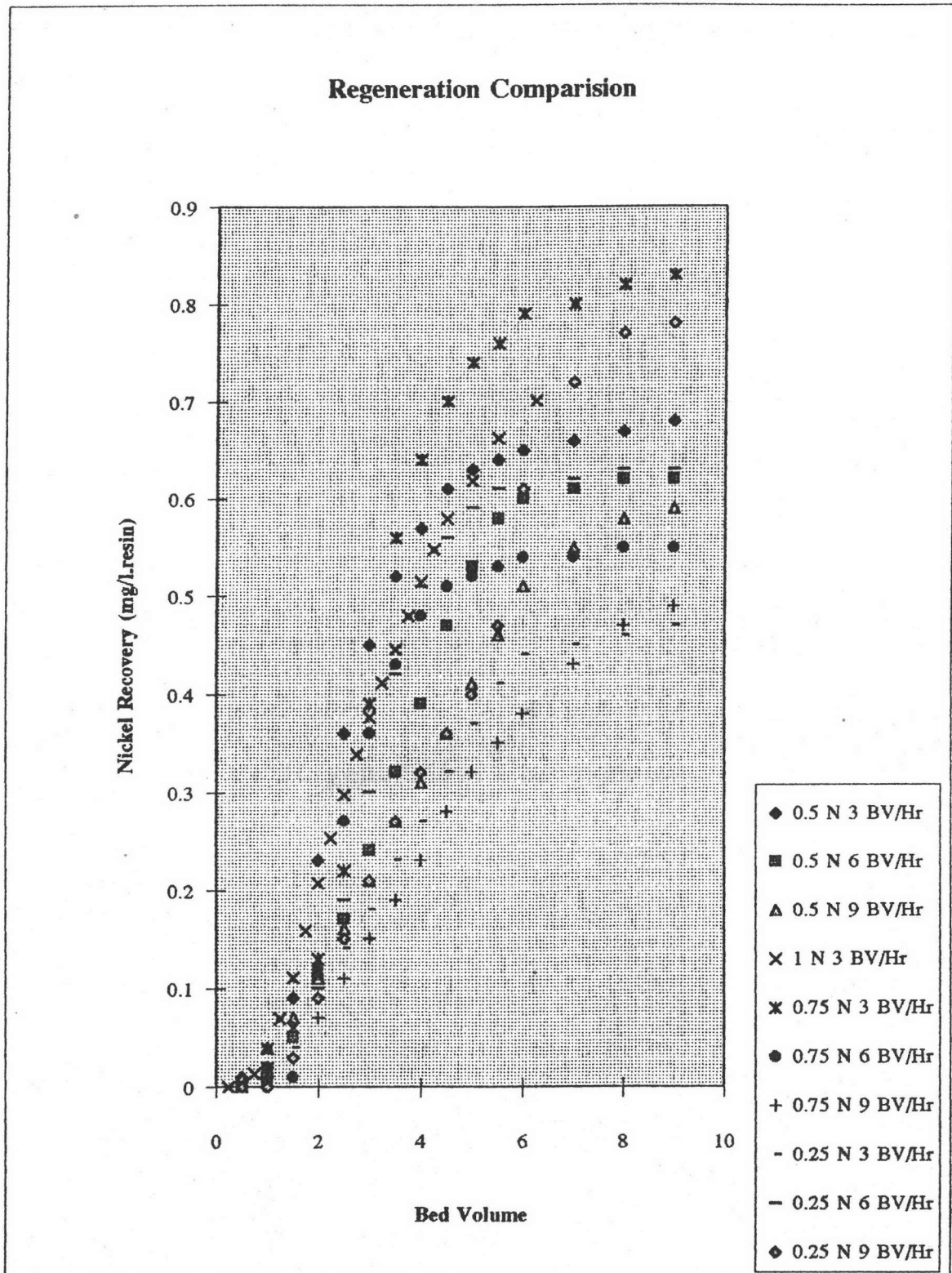
รูปที่ 5.38 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนทั้งหมดที่มีค่าสูงที่สุดจากกราฟรูปที่ 5.35,5.36,5.37 หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l

2.1.5 ค่านิกเกิลที่นำกลับได้มากที่สุด จะต้องพินอำนาจด้วยกรด HCl เข้มข้น 0.75 N. ที่ความเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง ดังรูปที่ 5.39 ซึ่งก็คือวิธีพินอำนาจผักตบชวาที่ทำให้ค่าความเข้มข้นนิกเกิลในสารละลายกรด HCl ที่ผ่านผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมด สูงที่สุด โดยแต่ละความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกจะมีความเร็วในการไหลที่ทำให้ได้ค่าสูงสุด ดังรูปที่ 5.40, 5.41 และ 5.42 ซึ่งเมื่อนำแต่ละค่าที่สูงที่สุดมารวมกันแล้วก็จะได้ดังรูปที่ 5.43

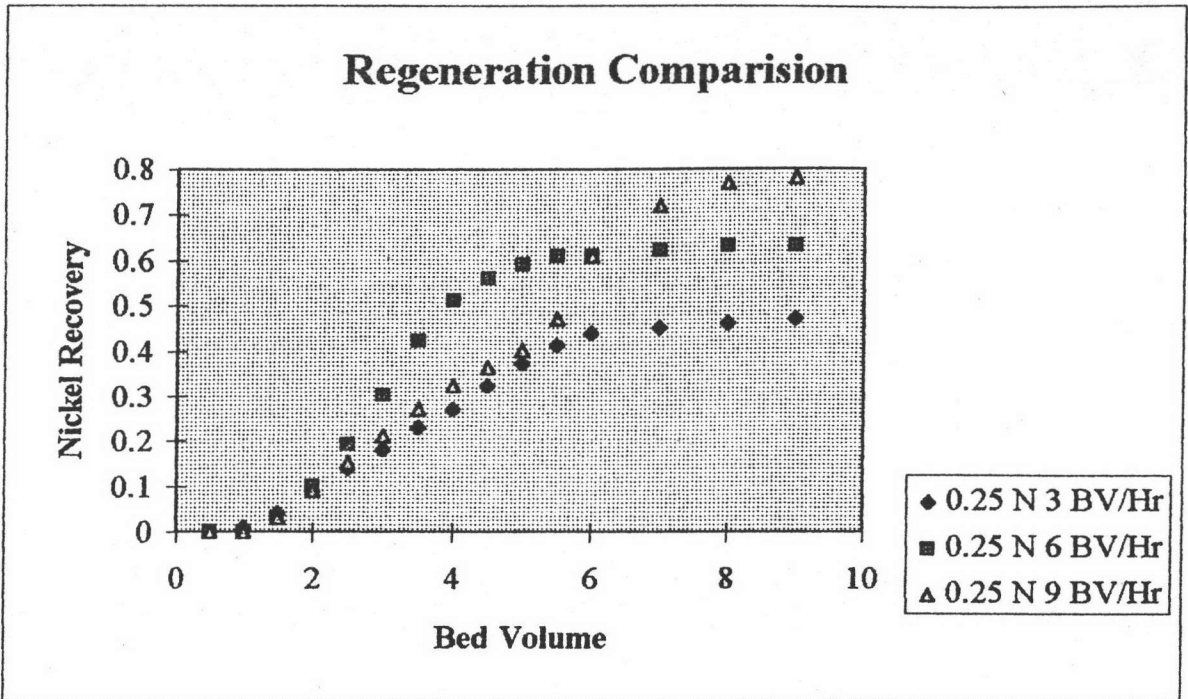
2.2 การพินอำนาจหลังบริการด้วยน้ำเสียนิกเกิลเข้มข้น 250 มก./ล. สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้น HCl ที่ 0.5 N. ที่อัตราเร็วในการไหลที่ 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงจะสามารถนำกลับนิกเกิลทั้งหมดได้มากที่สุดถึง 78 % และยังสามารถนำกลับนิกเกิลได้มากที่สุดถึง 62 % ที่ความเข้มข้นนิกเกิลรวมสูงที่สุดด้วยดังตารางที่ 5.5 และค่าปริมาณนิกเกิลที่พินอำนาจมาได้ต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้มีค่าสูงสุดที่อัตราการไหลของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.25 N 6 BV /Hr ดังแสดงในตารางที่ 5.6 โดยมีค่าต่างๆที่วัดได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดต่อปริมาณเรซินผักตบชวาที่ใช้และเปอร์เซ็นต์การนำกลับทั้งหมด หลังจากบริการด้วยน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ 250 มก./ล.

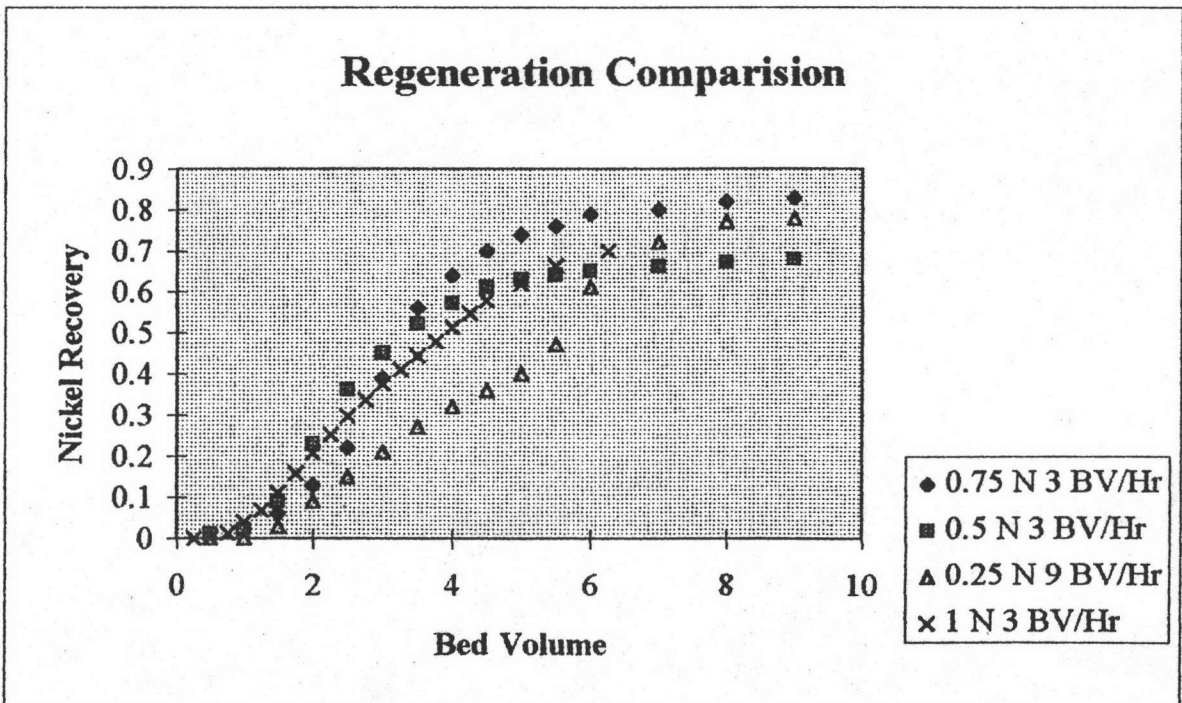
ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (N.)	อัตราเร็ว (BV /Hr.)	ปริมาณนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมด(มก.)	ปริมาณนิกเกิลแลกเปลี่ยนต่อปริมาณเรซินผักตบชวา (มก.นิกเกิล/ก.เรซิน)	% การนำกลับทั้งหมด
0.5	3	1041.2	13.88	78
0.5	6	1059.8	14.13	48
0.5	9	876.50	11.69	37
0.75	3	932.95	12.44	39
0.75	6	1014.35	13.52	25
0.75	9	871.15	11.62	25
0.25	3	957.85	12.77	49
0.25	6	884.85	11.79	62
0.25	9	996.65	13.29	55



รูปที่ 5.39 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลนำกลับทั้งหมด โดย HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวา หลังจากที่ใช้บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l



รูปที่ 5.42 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลกลับทั้งหมด โดย HCl เข้มข้น 0.25 N. ที่ไหลผ่าน ผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงหลังจากที่บรีการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l



รูปที่ 5.43 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลกลับทั้งหมด โดย HCl ที่มีค่าสูงที่สุดจาก กราฟรูปที่ 5.40,5.41,5.42 ที่ไหลผ่านผักตบชวาหลังจากที่บรีการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การนำกลับและปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกในหน่วยกรัม ขณะนิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด หลังจากบริการด้วยน้ำเสีย นิกเกิลสังเคราะห์ 250 มก./ล.

ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (N.)	อัตราเร็ว (BV/Hr.)	นิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด					ปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรด (mg.Ni./g HCl)
		ชั้นเรซินที่นำกลับ (BV.)	ความเข้มข้นนิกเกิล (มก./ล.)	ปริมาณนิกเกิลรวม (มก.)	% การนำกลับ	ปริมาณกรดไฮโดรคลอริก (กรัม)	
0.5	3	4.5	144.51	650.3	62	82.01	7.92
0.5	6	4	93.12	372.5	35	72.9	5.11
0.5	9	4	46.40	185.6	21	72.9	2.55
0.75	3	3	77.81	233.4	25	82.01	2.85
0.75	6	4	37.65	150.6	15	109.35	1.38
0.75	9	3.5	31.32	109.6	12	95.68	1.14
0.25	3	3.5	85.11	297.9	31	31.89	9.34
0.25	6	5	85.24	426.2	48	45.56	9.35
0.25	9	4	64.99	260.0	26	36.45	7.13

2.2.1 pH จะเห็นว่าในช่วงชั้นเรซิน 1-2 ชั้นแรก การจัดเรียง pH ที่ค่อนข้างเป็นระเบียบมากกว่าการฟื้นฟูน้ำเสียนิกเกิลเข้มข้น 100 มก./ล อย่างเด่นชัดคือเมื่อความเข้มข้นของ HCl เท่ากับ 0.25, 0.5 และ 0.75 N. ความเร็วชั้นเรซินต่อชั่วโมงที่เพิ่มขึ้นจาก 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงเป็น 6 หรือ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงจะทำให้ค่า pH ที่ออกมามีค่าสูงขึ้น ดังรูปที่ 5.44

2.2.2 conductivity จะเห็นว่าค่า conductivity จะแบ่งเป็นระดับตามความเข้มข้นของ HCl ที่ใช้ในการรีเจนเนอเรชั่นคือ ความเข้มข้นของ HCl ที่สูงขึ้นจะมีค่า conductivity ที่สูงขึ้นตามไปด้วย และความเร็วในการไหลของ HCl ในการฟื้นฟูน้ำเสียที่มากขึ้นจาก 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงเป็น 6 หรือ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงจะมีค่า conductivity ต่ำกว่าในกลุ่มความเข้มข้นของ HCl ที่เท่ากัน ดังรูปที่ 5.45

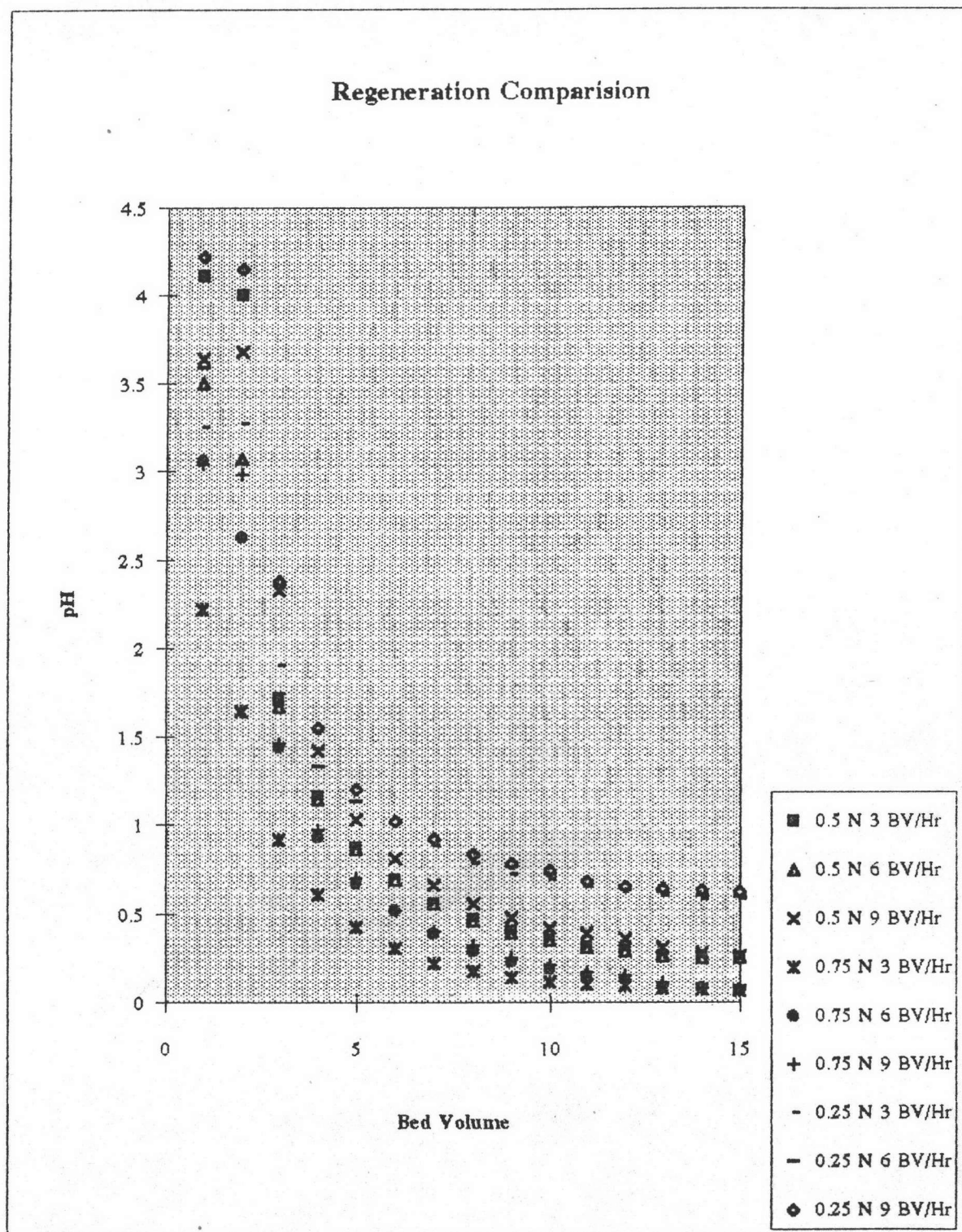
ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกในหน่วย
อิกิวาเลนต์ ขณะนิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด หลังจากบริการด้วยน้ำเสียนิกเกิล
สังเคราะห์ 250 มก./ล.

ความเข้มข้น ของกรด ไฮโดรคลอริก (N.)	อัตราเร็ว (BV./Hr.)	นิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด					ปริมาณ นิกเกิลต่อ ปริมาณกรด (meq Ni./eq.HCl)
		ชั้นเรซิน ที่นำกลับ (BV)	ความเข้มข้น นิกเกิล (มก./ล.)	ปริมาณ นิกเกิลรวม (มก.)	ปริมาณ นิกเกิลรวม (meq)	ปริมาณกรด ไฮโดรคลอริก (eq.)	
0.5	3	4.5	144.51	650.3	22.15	2.25	9.84
0.5	6	4	93.12	372.5	12.69	2.0	6.35
0.5	9	4	46.40	185.6	6.32	2.0	3.16
0.75	3	3	77.81	233.4	7.95	2.25	3.53
0.75	6	4	37.65	150.6	5.13	3.0	1.71
0.75	9	3.5	31.32	109.6	3.73	2.625	1.42
0.25	3	3.5	85.11	297.9	10.15	0.875	11.60
0.25	6	5	85.24	426.2	14.52	1.25	11.62
0.25	9	4	64.99	260.0	8.86	1.0	8.86

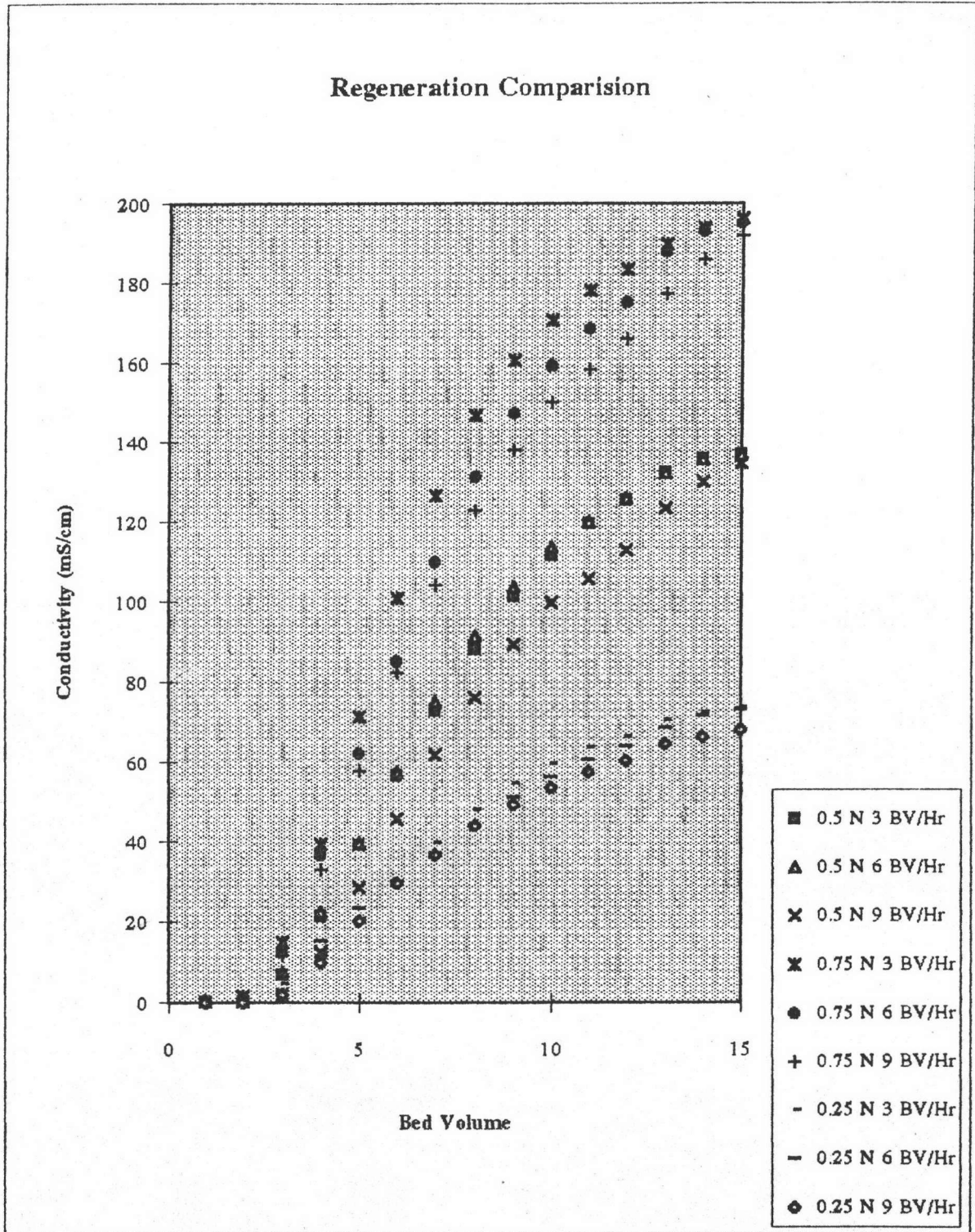
2.2.3 ค่าความเข้มข้นนิกเกิล จะเห็นว่าความเข้มข้นนิกเกิลที่ถูกพื้นอำนาจ
ออกมาเมื่อนำมาลงจุดแสดงเป็นกราฟแล้วจะเห็นเป็นรูปประจักษ์ว่าเป็นส่วนใหญ่ โดยค่าความเข้มข้น
นิกเกิลสูงสุดที่ถูกพื้นอำนาจออกมาคือ วิธีการพื้นอำนาจด้วย HCl เข้มข้น 0.5 N ที่ 3 BV./Hr. ดังรูปที่
5.46 โดยแยกให้เห็นรายละเอียดได้ชัดขึ้นดังรูปที่ 5.47, 5.48, 5.49 และ 5.50

2.2.4 ค่าความเข้มข้นนิกเกิลในสารละลายกรด HCl ที่ผ่านผักตบชวาต่อความ
เข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมด จะเห็นว่าค่าความเข้มข้นนิกเกิลในสารละลายกรด HCl ที่ผ่าน
ผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดสูงสุดที่การพื้นอำนาจด้วยกรด HCl เข้มข้น
0.5 N. ที่ความเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง ดังรูปที่ 5.51 ซึ่งก็คือวิธีเดียวกันที่ทำให้ค่าความเข้มข้นนิกเกิล
สูงสุดในหัวข้อที่ 2.2.3 โดยสามารถเห็นถึงรายละเอียดต่างๆได้ดังรูปที่ 5.52, 5.53, 5.54 และ 5.55

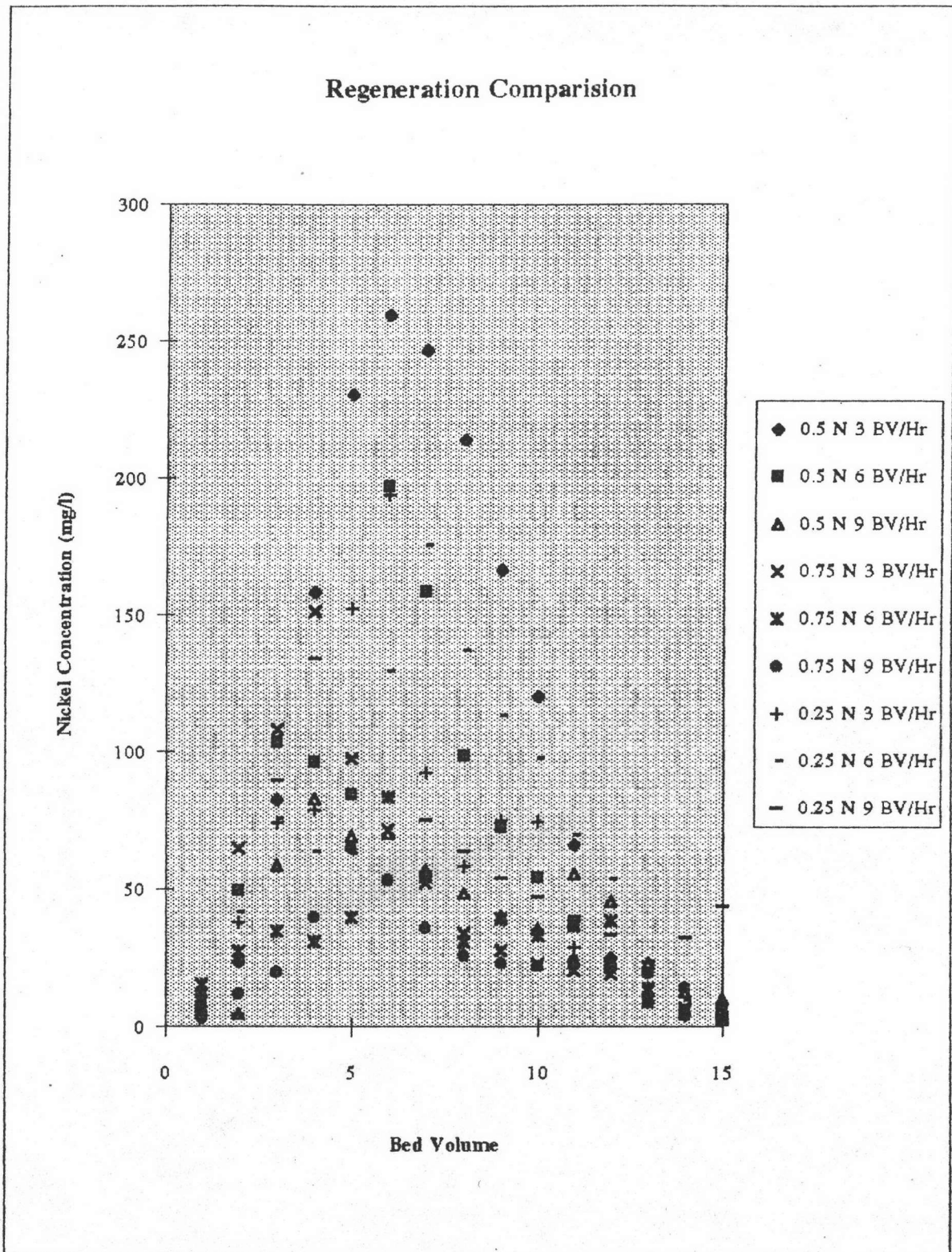
2.2.5 ค่านิกเกิลที่นำกลับได้มากที่สุด จะต้องพื้นอำนาจด้วยกรด HCl เข้มข้น
0.5 N. ที่ความเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง ดังรูปที่ 5.56, 5.57, 5.58, 5.59 และ 5.60 ซึ่งก็คือวิธีพื้นอำนาจ
ผักตบชวาที่ทำให้ได้ค่าความเข้มข้นนิกเกิลสูงสุด และค่าความเข้มข้นนิกเกิลในสารละลายกรด HCl
ที่ผ่านผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดสูงสุดด้วย



รูปที่ 5.44 กราฟเปรียบเทียบค่า pH ของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาซึ่งบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l

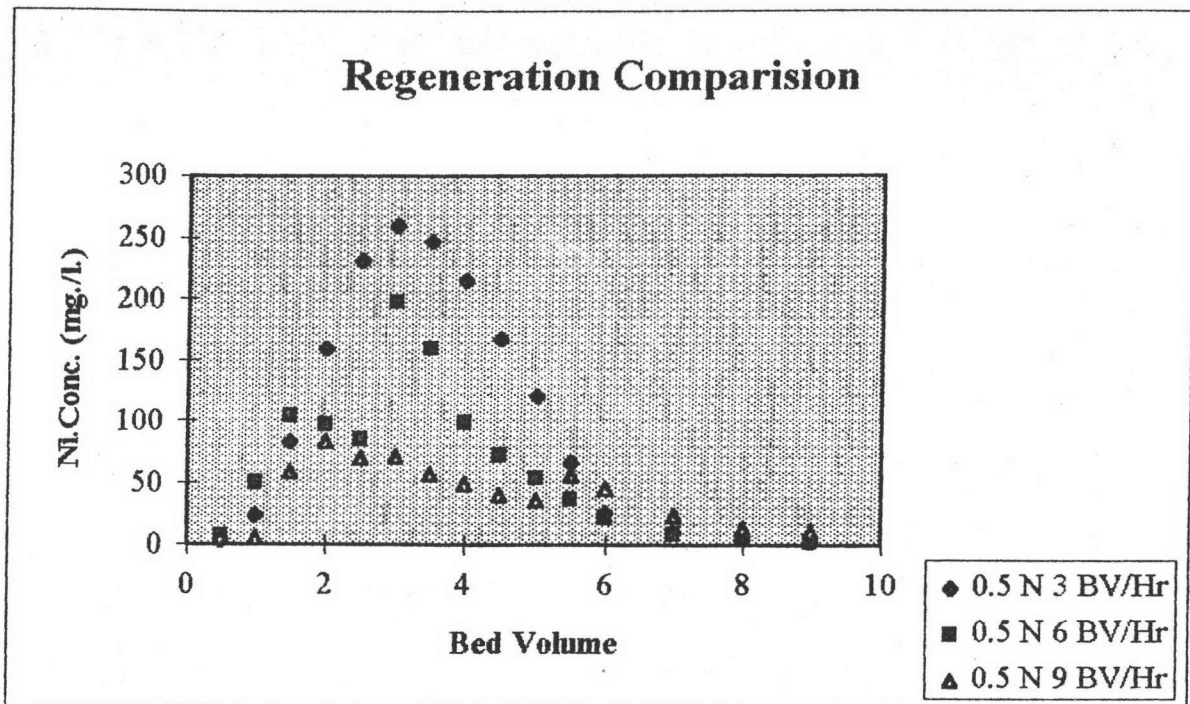


รูปที่ 5.45 กราฟเปรียบเทียบค่า Conductivity ของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาซึ่งบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l

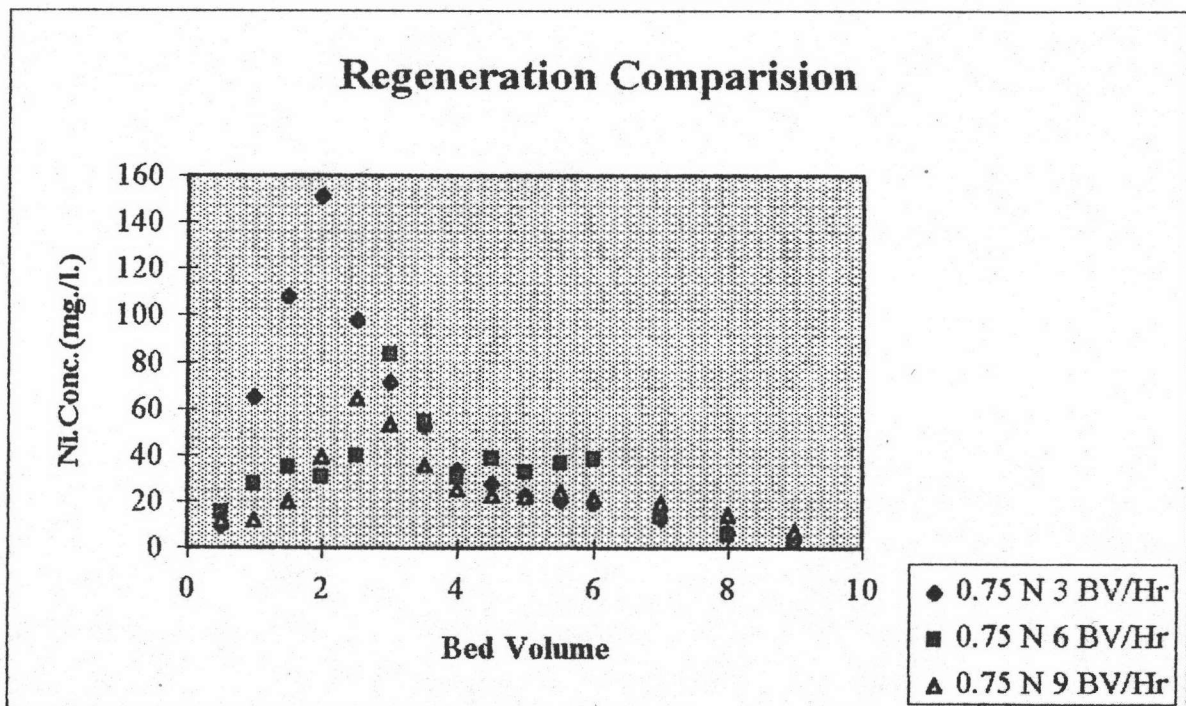


รูปที่ 5.46 กราฟเปรียบเทียบค่า Nickel Concentration ของ HCl ที่ไหลผ่านฝักดูดซับวุ้นซึ่งบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์

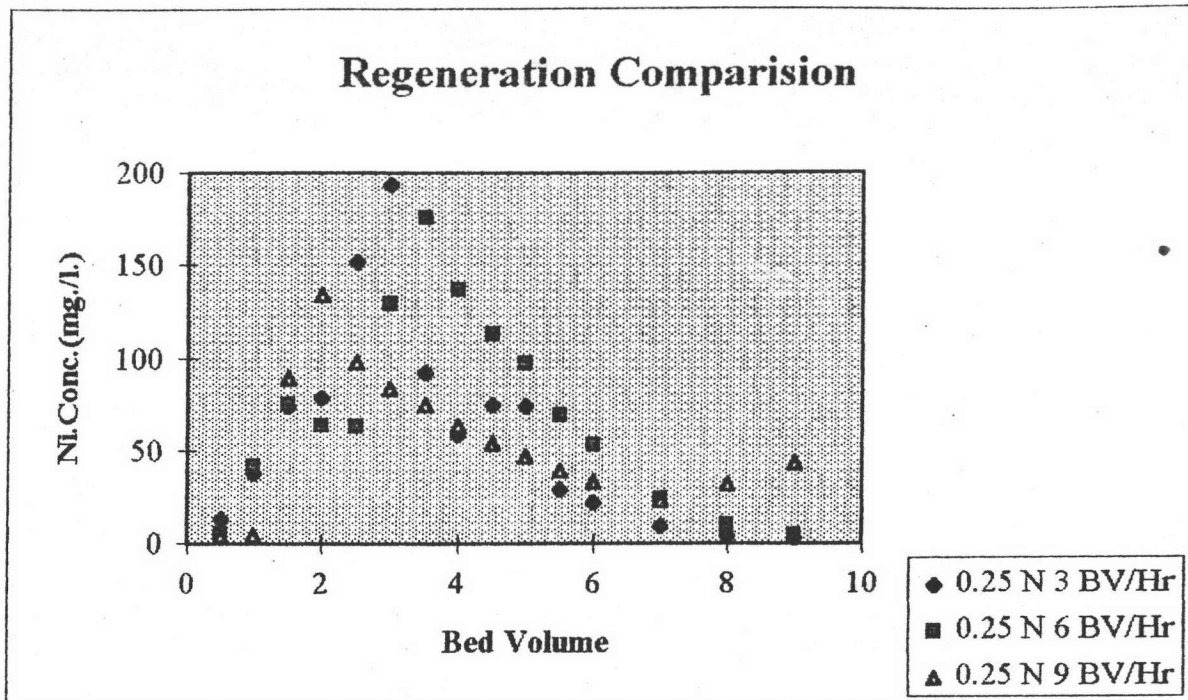
250 mg/l



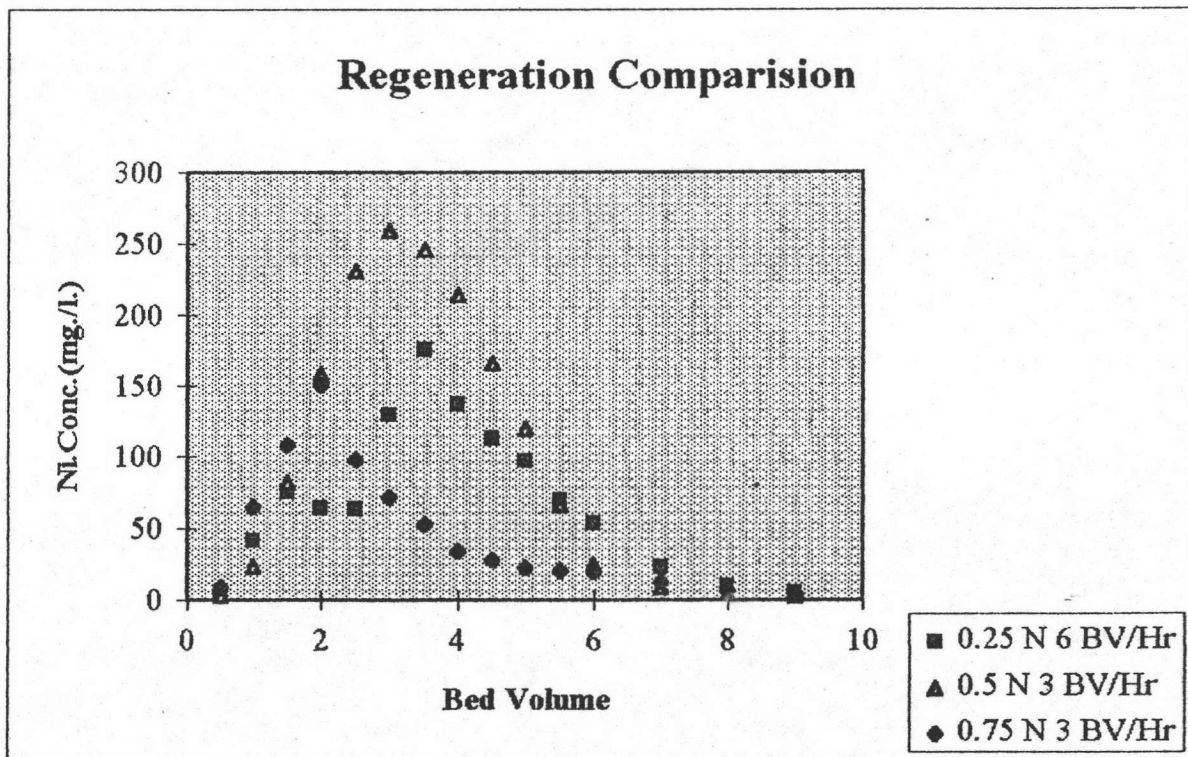
รูปที่ 5.47 กราฟเปรียบเทียบค่า Nickel Concentration ของ HCl เข้มข้น 0.5 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l



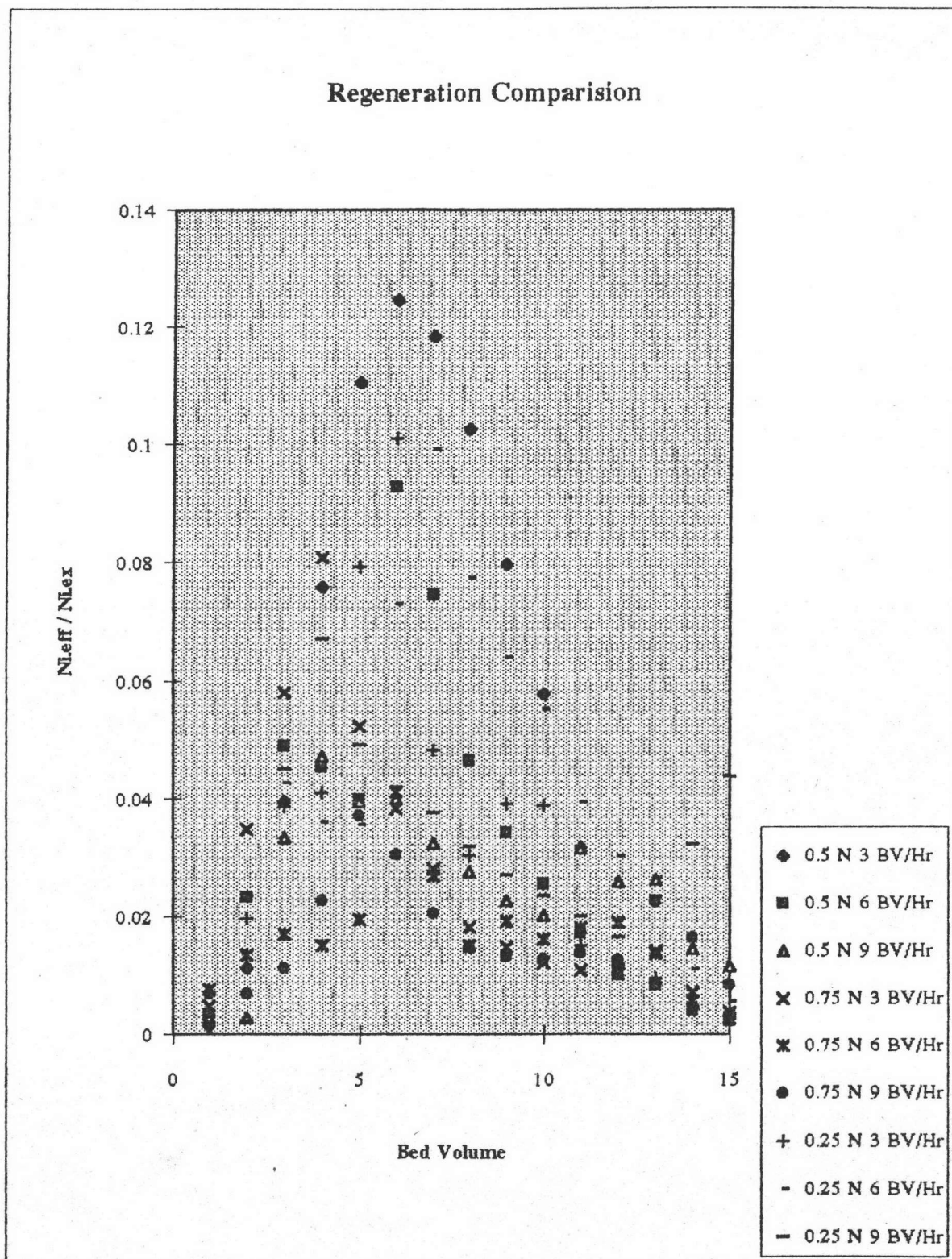
รูปที่ 5.48 กราฟเปรียบเทียบค่า Nickel Concentration ของ HCl เข้มข้น 0.75 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l



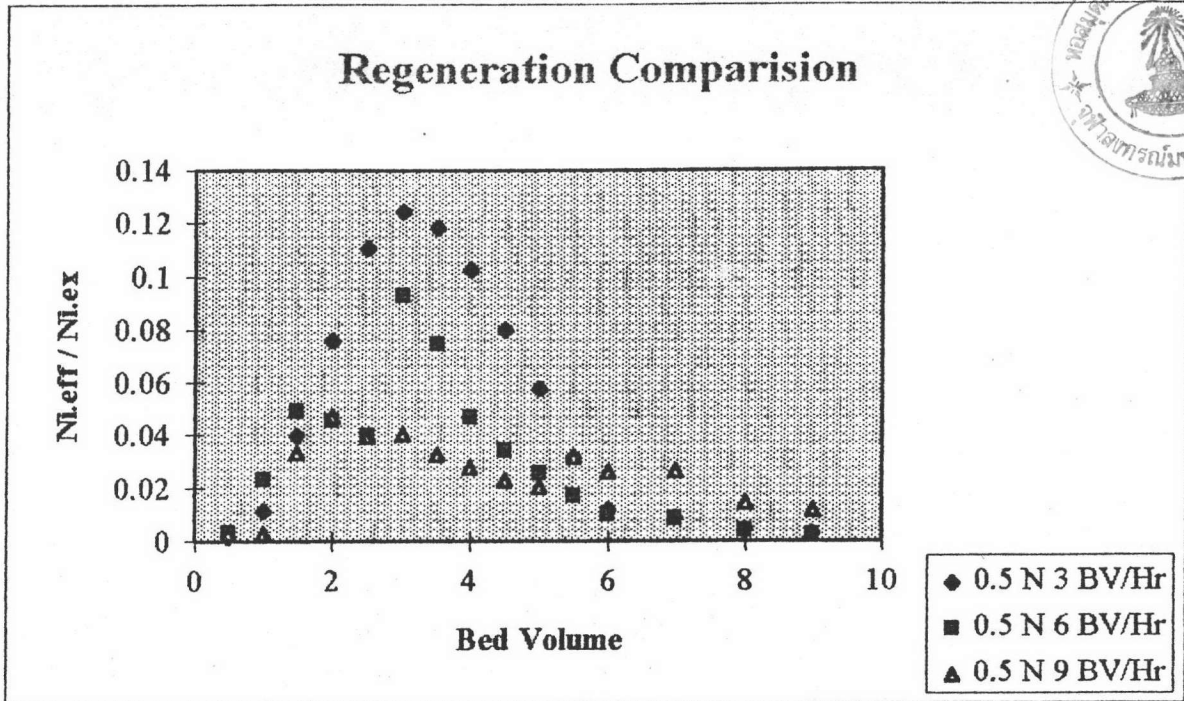
รูปที่ 5.49 กราฟเปรียบเทียบค่า Nickel Concentration ของ HCl เข้มข้น 0.25 N. ที่ไหลผ่านฝักตบชาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l



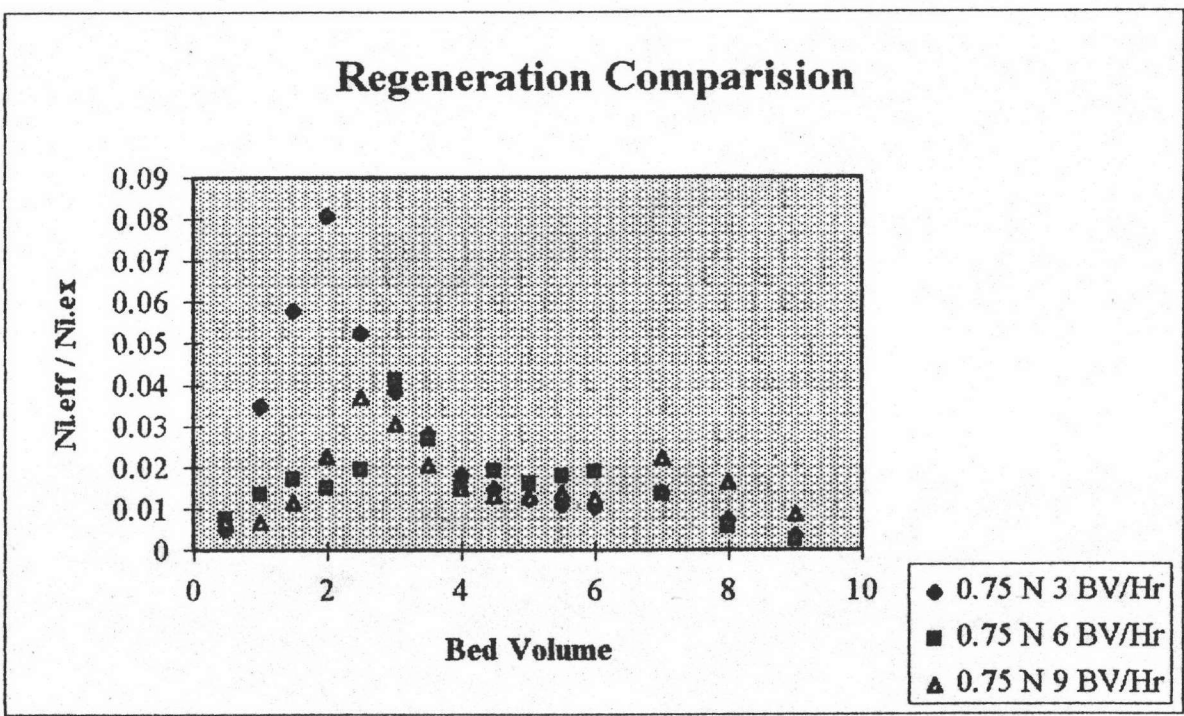
รูปที่ 5.50 กราฟเปรียบเทียบค่า Nickel Concentration ของ HCl ที่มีค่าสูงที่สุดจากกราฟรูปที่ 5.47,5.48,5.49 ที่ไหลผ่านฝักตบชา หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l



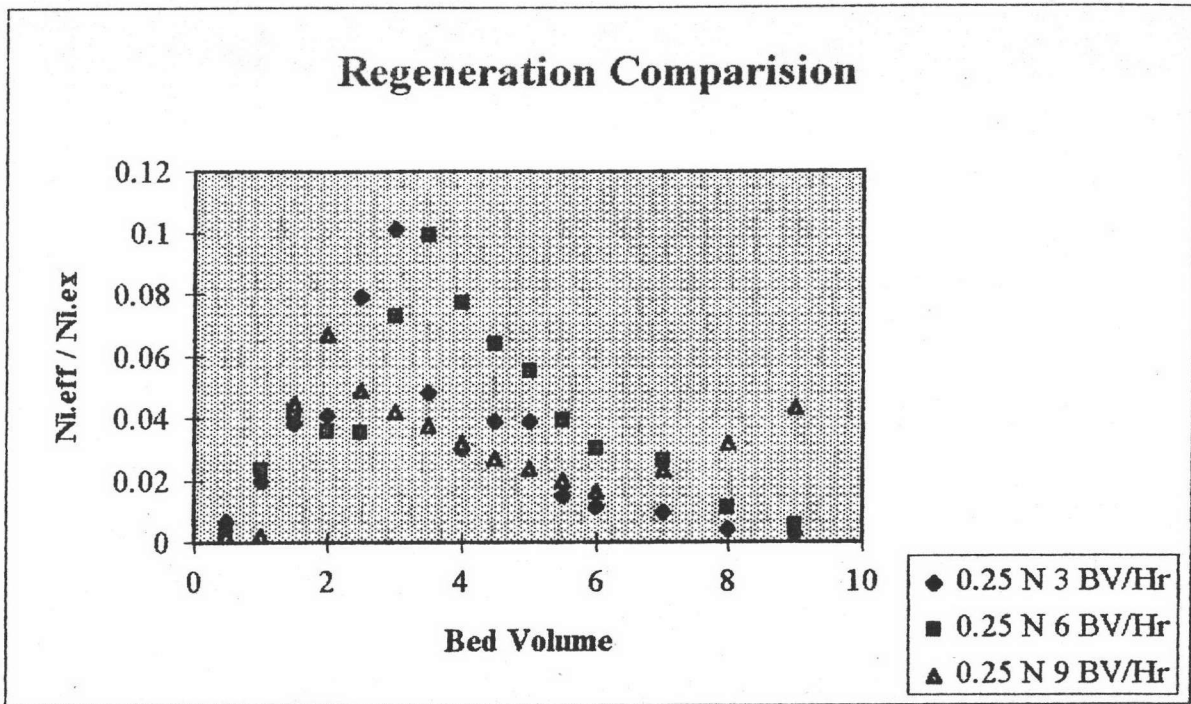
รูปที่ 5.51 กราฟเปรียบเทียบค่า Nickel Concentration ของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาต่อ Exchanging Nickel Concentration โดยผักตบชวาซึ่งบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l



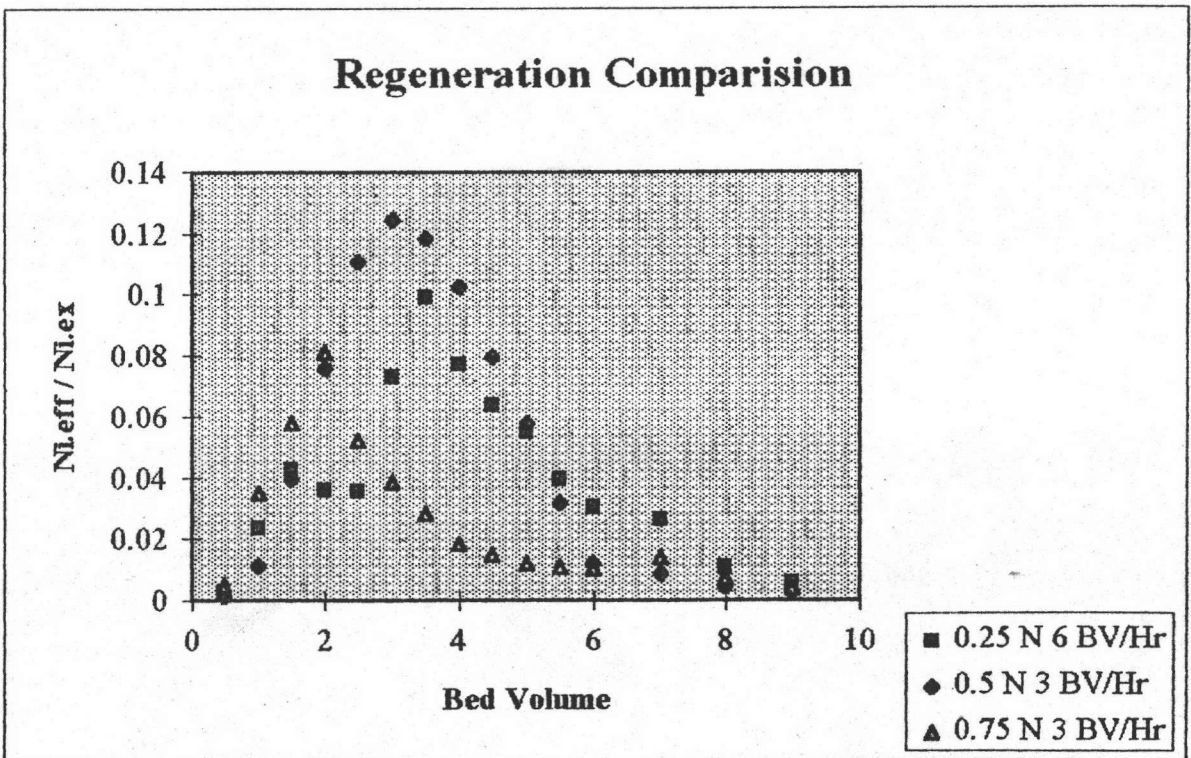
รูปที่ 5.52 กราฟเปรียบเทียบค่า Nickel Concentration ของ HCl เข้มข้น 0.5 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ลิ้นเรซิ่นต่อชั่วโมงต่อ Exchanging Nickel Concentration หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l



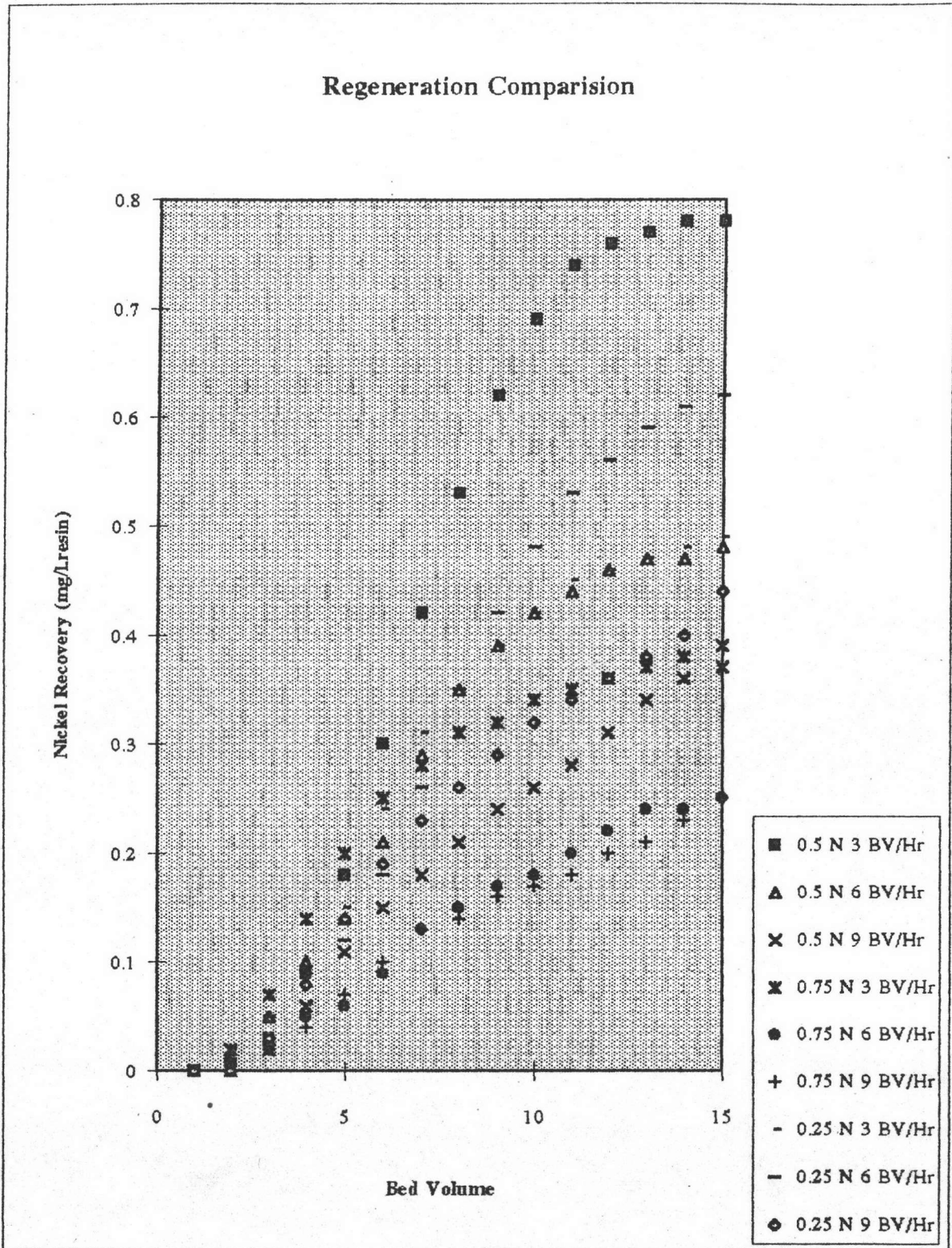
รูปที่ 5.53 กราฟเปรียบเทียบค่า Nickel Concentration ของ HCl เข้มข้น 0.75 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ลิ้นเรซิ่นต่อชั่วโมงต่อ Exchanging Nickel Concentration หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l



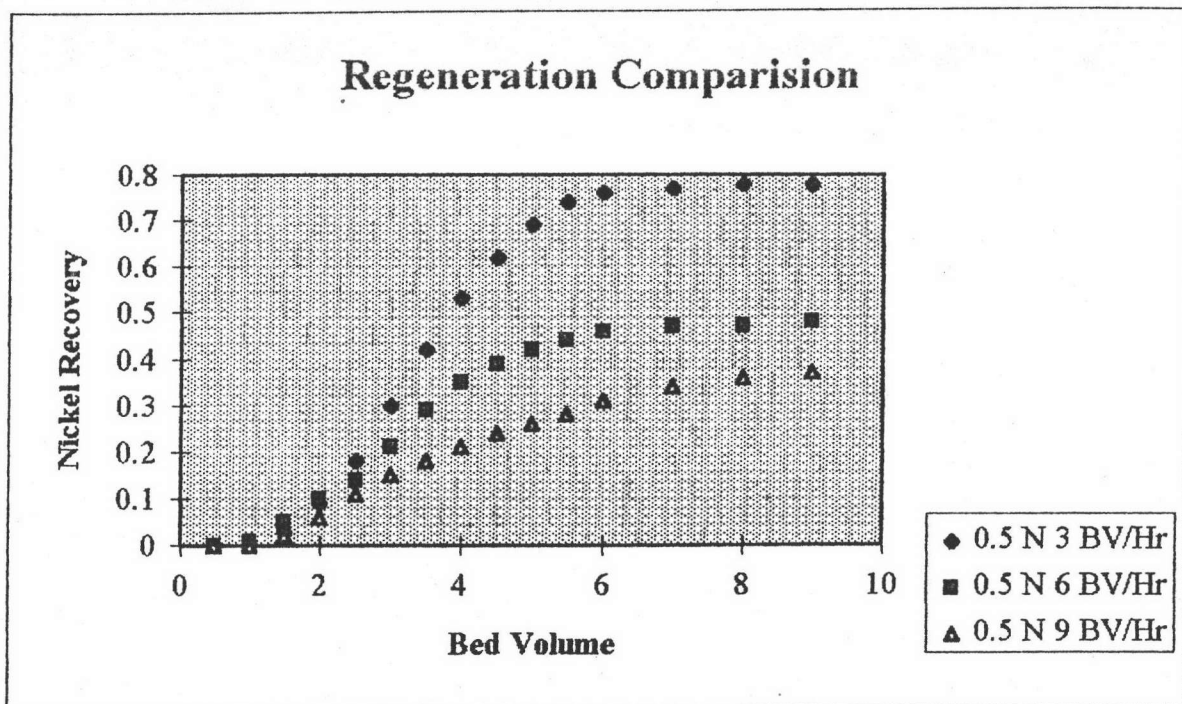
รูปที่ 5.54 กราฟเปรียบเทียบค่า Nickel Concentration ของ HCl เข้มข้น 0.25 N. ที่ไหลผ่านมักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงต่อ Exchanging Nickel Concentration หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l



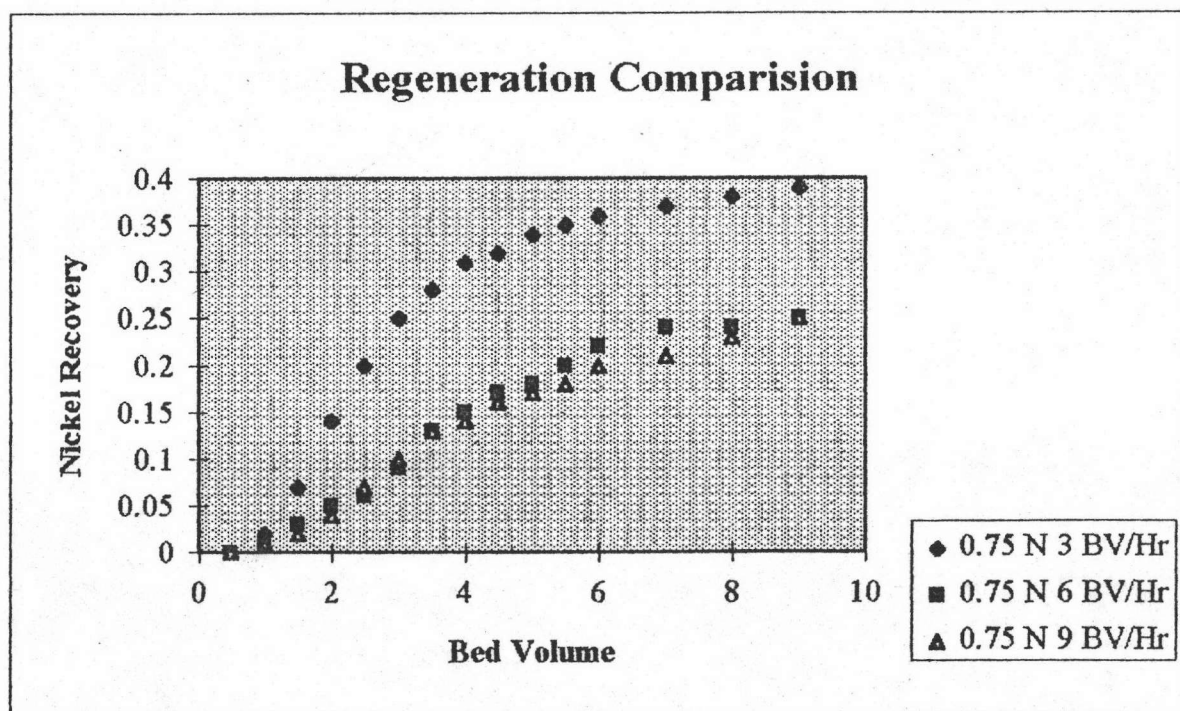
รูปที่ 5.55 กราฟเปรียบเทียบค่า Nickel Concentration ของ HCl ที่ไหลผ่านมักตบชวาต่อ Exchanging Nickel Concentration ที่มีค่าสูงที่สุดจากกราฟรูปที่ 5.52,5.53,5.54 หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l



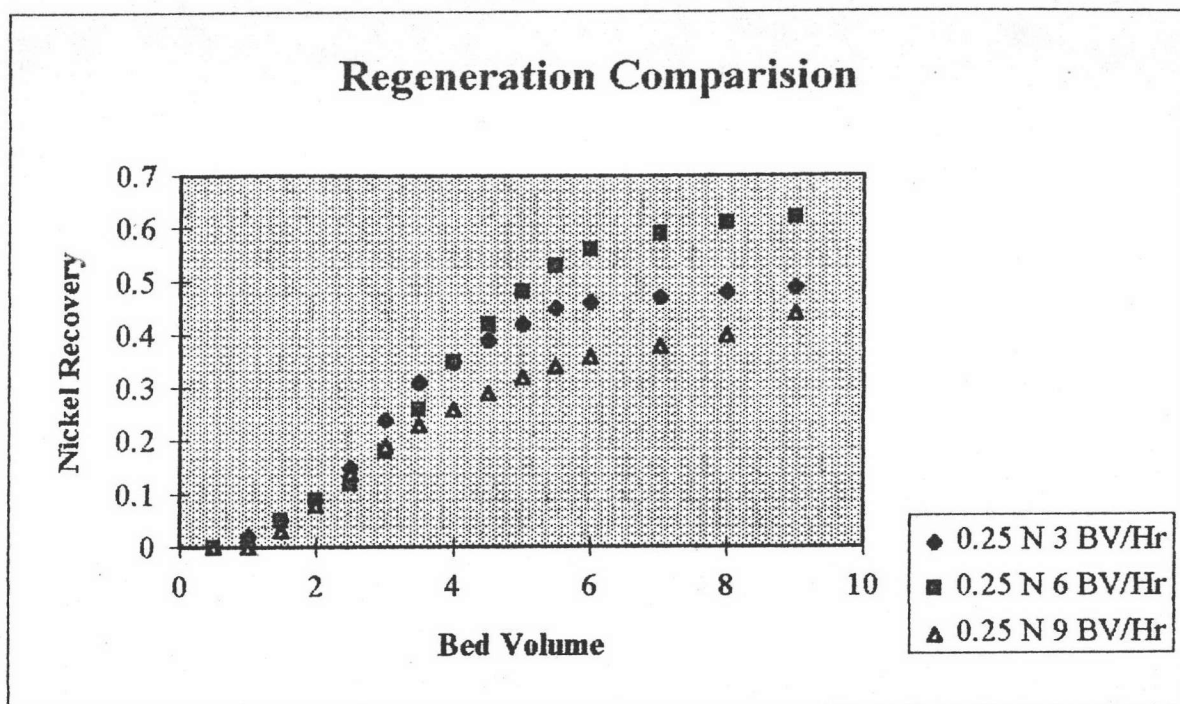
รูปที่ 5.56 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลกลับทั้งหมด โดย HCl ที่ไหลผ่านมักตบขวา หลังจากที่ใช้บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l



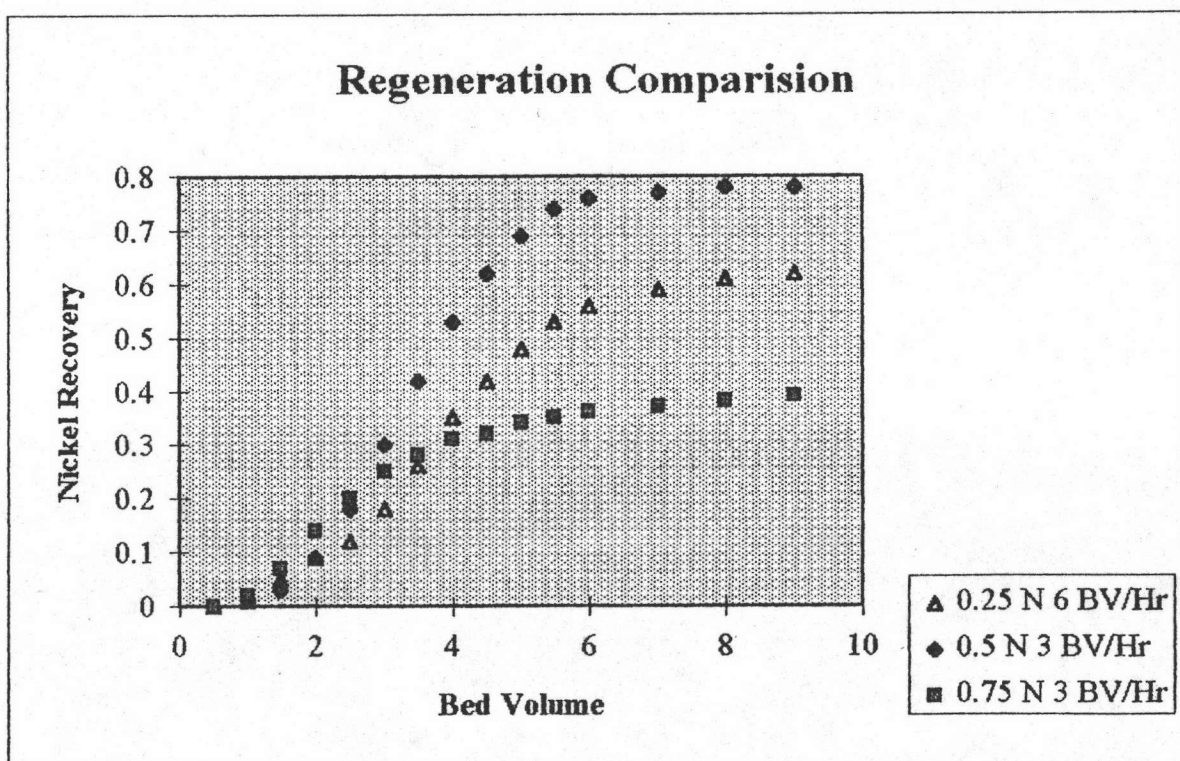
รูปที่ 5.57 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลกลับทั้งหมด โดย HCl เข้มข้น 0.5 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากทีบบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l



รูปที่ 5.58 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลกลับทั้งหมด โดย HCl เข้มข้น 0.75 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากทีบบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l



รูปที่ 5.59 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลนำกลับทั้งหมด โดย HCl เข้มข้น 0.25 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วย อัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากที่ใช้บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l



รูปที่ 5.60 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลนำกลับทั้งหมด โดย HCl ที่มีค่าสูงที่สุดจากกราฟรูปที่ 5.57,5.58,5.59 ที่ไหลผ่านผักตบชวา หลังจากที่ใช้บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l

การทดลองกับน้ำเสียจริง

จะเห็นว่าน้ำเสียของโรงงานชุบนิเกิลด้วยไฟฟ้าของบริษัท ร่วมพัฒนาอะไหล่ จำกัด จะมีการแปรเปลี่ยนมาก โดยมีได้มีการควบคุมลักษณะของน้ำล้างในถัง ทำให้ค่าความเข้มข้นนิเกิล, conductivity และค่า TDS. ของวันที่ 3 และ 27 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2538 ต่างกันมากดังตารางที่ 5.7 และต่างจากข้อมูลซึ่งเคยทำการทดลองไว้ในวันที่ 14, 16, 18 และ 20 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2538 (ทิพย์, 2537) ดังตารางที่ 4.1 ถึง 1.58-2.4 เท่าตัว การเปรียบเทียบจะเปรียบเทียบการทดลองของน้ำเสียจริงทั้ง 2 ครั้ง กับน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ที่ความเข้มข้น 100 และ 250 มก./ล. ทั้งในช่วงบริการและช่วงการฟื้นฟูอากาศ ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.7 แสดงลักษณะของน้ำเสียจากถังน้ำล้างโบที่ 3 ในกระบวนการชุบนิเกิลด้วยไฟฟ้า

ว/ด/ป เก็บตัวอย่างน้ำเสีย	ของแข็งละลายน้ำ ทั้งหมด(มก./ล.)	พีเอช	ค่าสภาพ นำไฟฟ้า (mS/cm)	ความเข้มข้นนิเกิล (มก./ล.)
3-5-2538	3644	7.65	2.14	677
27-5-2538	1888	7.63	1.593	445

1. ช่วงการบริการ การทดลองน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์นิเกิล 250 มก./ล. ด้วยความเร็วแลกเปลี่ยนไอออน 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง ส่วนน้ำเสียสังเคราะห์นิเกิล 100 มก./ล. จะแลกเปลี่ยนไอออนด้วยความเร็ว 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง ซึ่งจะเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆดังต่อไปนี้

1.1 pH จะเห็นว่าค่า pH ใน 6 ชั้นเรซินแรกของทั้ง 4 การทดลองจะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่พอเริ่มชั้นเรซินที่ 7 น้ำเสียจริงที่ผ่านผักตบชวาออกมาจะแปรเปลี่ยน pH จาก 3 ไปเป็น 6 อย่างรวดเร็วเกือบจะเป็นเส้นตรงตั้งฉากกับแกนนอน ซึ่งเป็นเพราะในน้ำเสียจริงนั้นมีประจุบวกอื่นที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนกับผักตบชวาได้ ทำให้ผักตบชวามหาความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนได้อย่างรวดเร็วคือ เพียงผ่านน้ำเสียจริงเข้าไปเพียง 8-9 ชั้นเรซิน ทำให้ประจุ H^+ ที่ออกมามีน้อย ทำให้ pH กระโดดสูงขึ้นไปที 6-7 ส่วนน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ที่ผ่านผักตบชวาก็ยังคงมีการเพิ่มของ pH อย่างช้าๆจนเหมือนกับว่าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย ซึ่งก็คือสามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้เรื่อยๆในปริมาณที่ไม่คุ้ม ดังรูปที่ 5.61

1.2 conductivity จะเห็นว่าช่วงแรกน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ที่ 100 มก./ล.ที่ผ่าน ผักตบชวามาแล้ว มีค่า conductivity สูงเนื่องมาจากน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์เข้มข้น 100 มก./ล.นี้ไหล ผ่านผักตบชวาด้วยความเร็ว 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง ส่วนน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 250 มก./ล.นั้นไหลผ่านผักตบชวาด้วยความเร็ว 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง ทำให้ค่า conductivity จะเป็นไปใน ทิศทางเดียวกัน ยกเว้นช่วงชั้นเรซินที่ 6-7 ที่ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงมากมายนั่น ค่า conductivity ก็จะมีค่าลดลงต่ำที่สุดในช่วงของการทดลองการบริการด้วยน้ำเสียจริง หลังจากนั้นค่า conductivity จะ เข้าสู่สมดุลคือจะมีค่าแปรผันตามปริมาณความเข้มข้นนิกเกิลที่อยู่ในน้ำเสีย คือค่าความเข้มข้น นิกเกิลมากจะมีค่า conductivity มาก ค่าความเข้มข้นนิกเกิลน้อย จะมีค่า conductivity น้อยดังรูปที่ 5.62

1.3 ความเข้มข้นนิกเกิล ลักษณะกราฟจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันทั้ง 4 การทดลอง โดยเรียงลำดับจากบนลงล่างตามลำดับความเข้มข้นของนิกเกิลสังเคราะห์ ดังรูปที่ 5.63

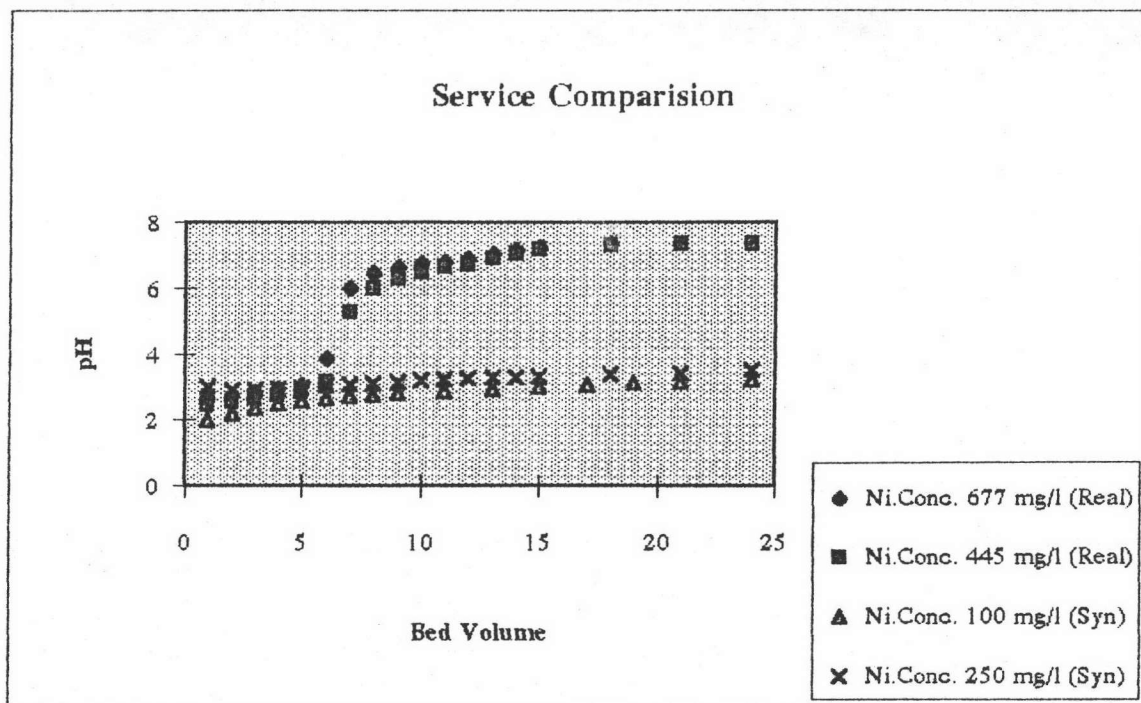
1.4 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด กราฟจะมีลักษณะเดียวกันทั้ง 2 การทดลองดังรูปที่ 5.64 และจะเรียงตามลำดับความเข้มข้นของนิกเกิลคือความเข้มข้นนิกเกิลมากก็จะมีค่าของแข็ง ละลายน้ำทั้งหมดมากตามไปด้วย

1.5 ความเข้มข้นนิกเกิลหลังผ่านผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่เข้า จะมีลักษณะ เกาะเป็นกลุ่มกว้างๆในชั้นเรซินแรกๆ และจะบีบตัวรวมกันเป็นช่วงๆแคบๆในช่วงชั้นเรซินหลังๆ ดังรูป ที่ 5.65

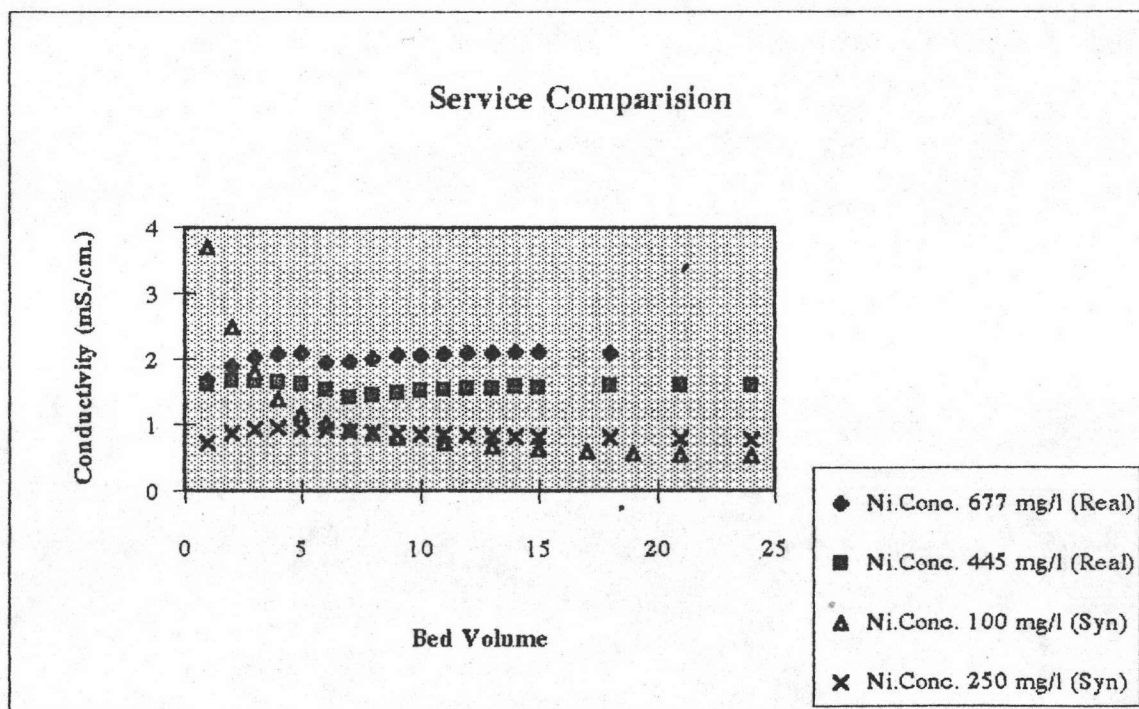
2. ช่วงการฟื้นอำนาจ การฟื้นอำนาจผักตบชวาที่ผ่านการแลกเปลี่ยนไอออนจากน้ำเสีย จริงและน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 250 มก./ล. ด้วยความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 0.5 N. และ ความเร็วในการไหล 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง ส่วนผักตบชวาที่ผ่านการแลกเปลี่ยนไอออนจากน้ำเสีย สังเคราะห์นิกเกิล 100 มก./ล. จะฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.75 N. และความเร็วใน การไหล 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง ซึ่งจะเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆได้ดังต่อไปนี้

2.1 pH จะเห็นว่า การฟื้นอำนาจผักตบชวาที่แลกเปลี่ยนไอออนด้วยน้ำเสียจริงจะได้ ค่า pH ที่สูงกว่าการฟื้นอำนาจผักตบชวาที่ผ่านการแลกเปลี่ยนไอออนด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ในช่วง 2 ชั้นเรซินแรก และจะลดลงอย่างรวดเร็วมารวมเป็นกลุ่มโดยที่การฟื้นอำนาจผักตบชวาที่ แลกเปลี่ยนไอออนด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 มก./ล. จะมีค่าต่ำสุดเพราะจะฟื้นอำนาจด้วยกรด ไฮโดรคลอริก 0.75 N. ซึ่งเข้มข้นกว่าอีก 3 การทดลอง ดังรูปที่ 5.66

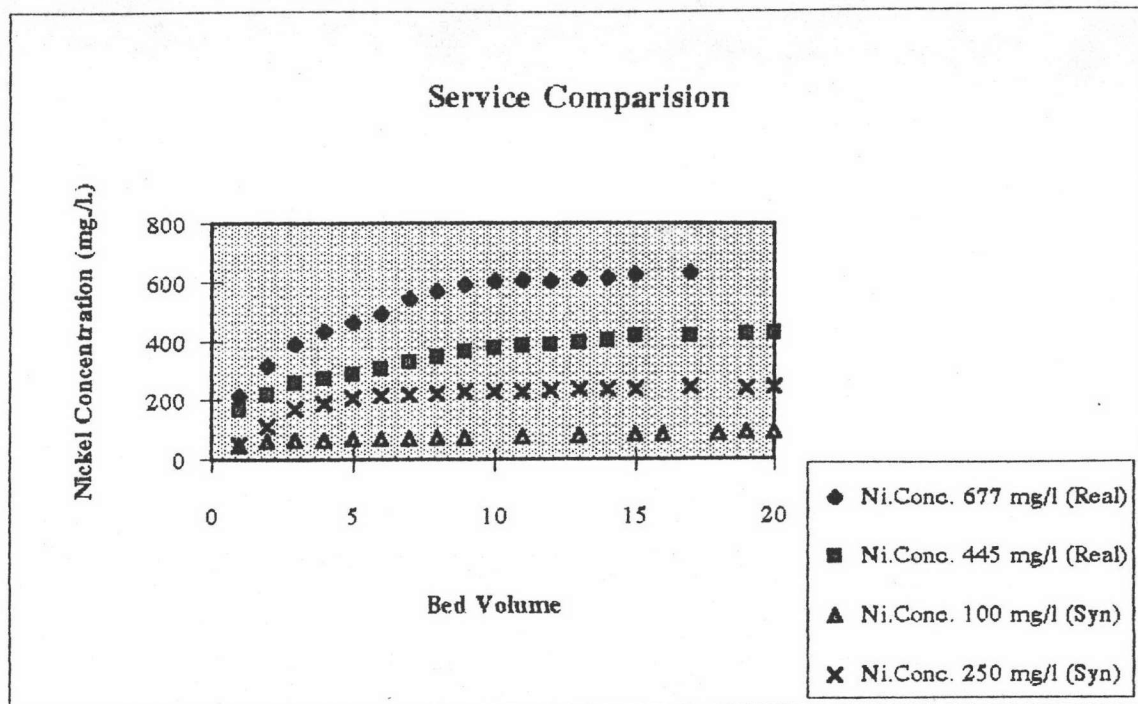
2.2 conductivity จะเห็นว่าช่วง 2.5 ชั้นเรซินแรกกรดไฮโดรคลอริกของทั้ง 4 การ ทดลองที่ผ่านผักตบชวาแล้ว มีค่า conductivity ใกล้เคียงกันเนื่องมาจากกรดไฮโดรคลอริกนี้ไหล ผ่านผักตบชวาด้วยความเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากนั้นค่า conductivity ก็จะมีค่าสูงขึ้นจนเข้าสู่



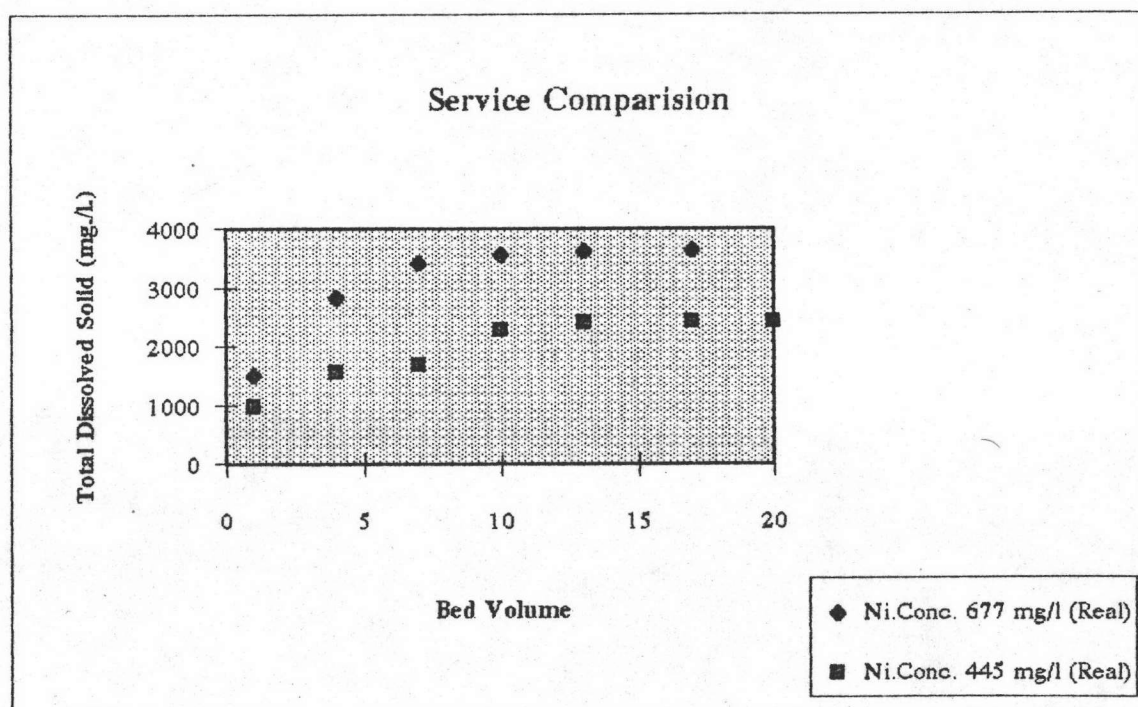
รูปที่ 5.61 กราฟเปรียบเทียบ pH ของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาในช่วงบริการ



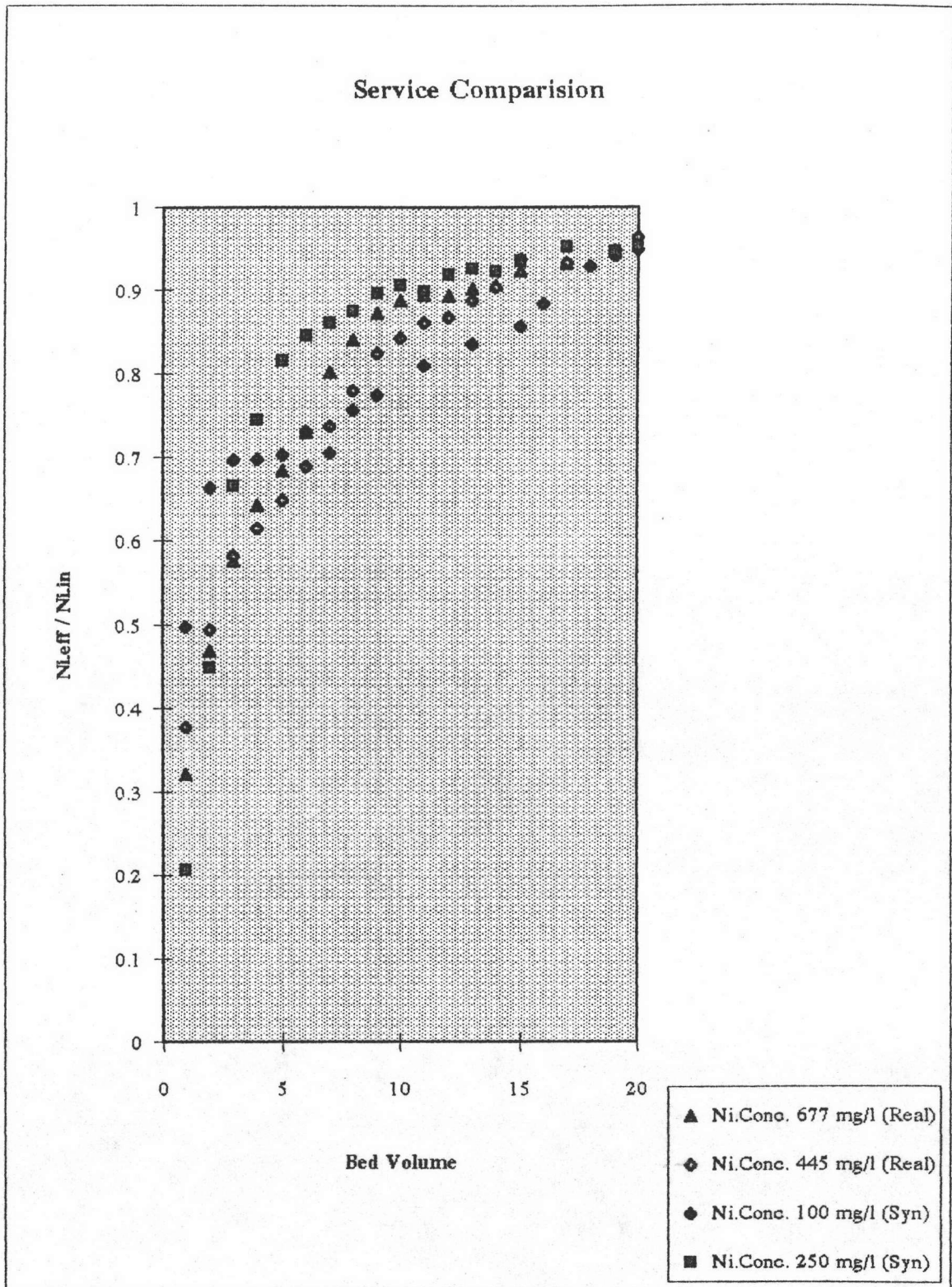
รูปที่ 5.62 กราฟเปรียบเทียบ Conductivity ของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาในช่วงบริการ



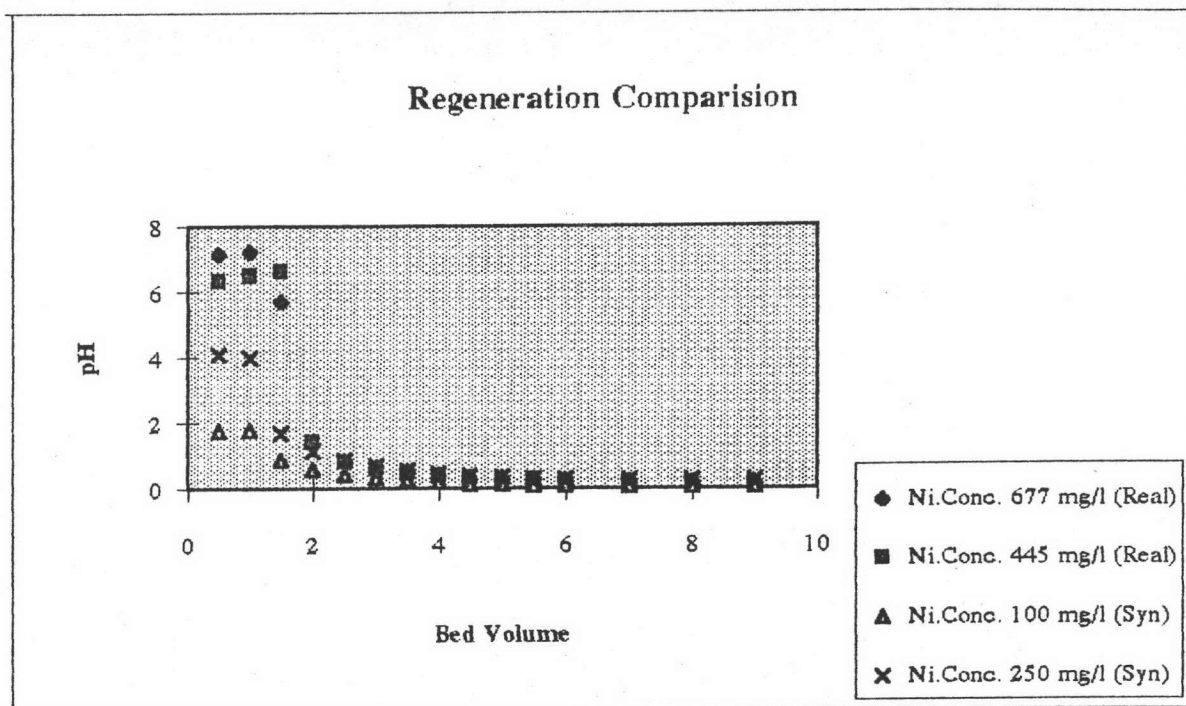
รูปที่ 5.63 กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นนิกเกิลของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาในช่วงบริการ



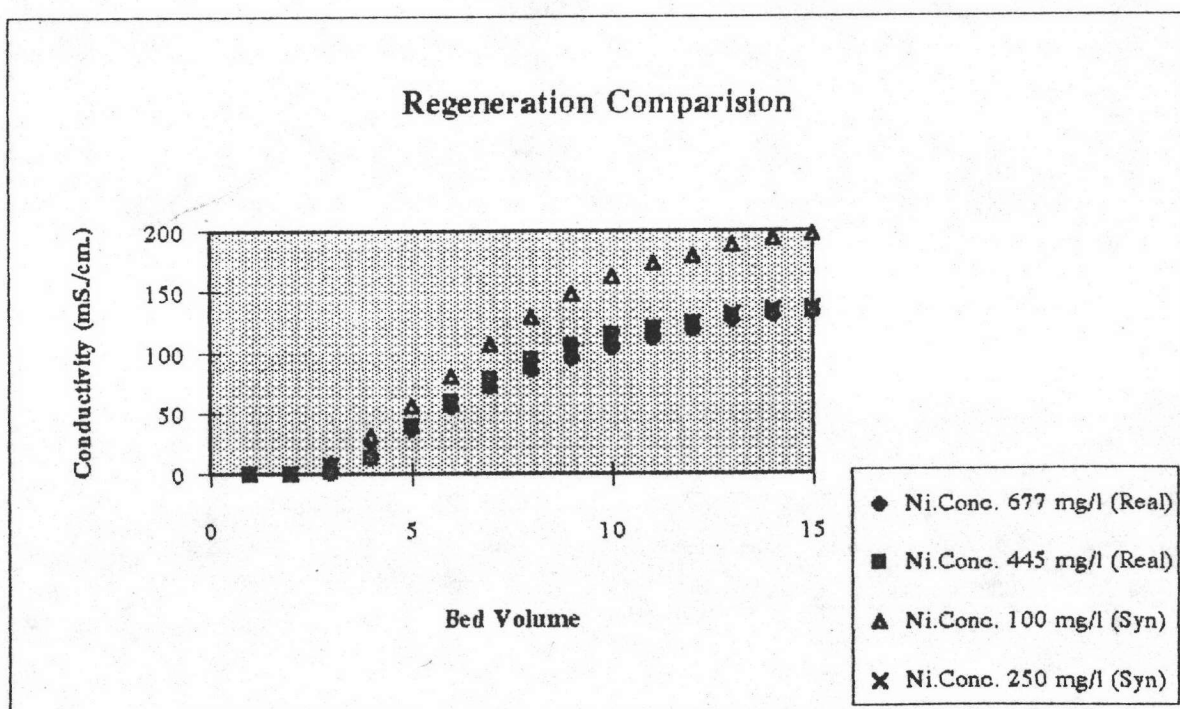
รูปที่ 5.64 กราฟเปรียบเทียบ Total Dissolved Solid ของน้ำเสียจริงที่ไหลผ่านผักตบชวาในช่วงบริการ



รูปที่ 5.65 กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นนิกเกิลออกต่อความเข้มข้นนิกเกิลเข้าของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผกตบขาวในช่วงบริการ



รูปที่ 5.66 กราฟเปรียบเทียบ pH ของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาในช่วงการฟื้นอำนาจ



รูปที่ 5.67 กราฟเปรียบเทียบ Conductivity ของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาในช่วงการฟื้นอำนาจ

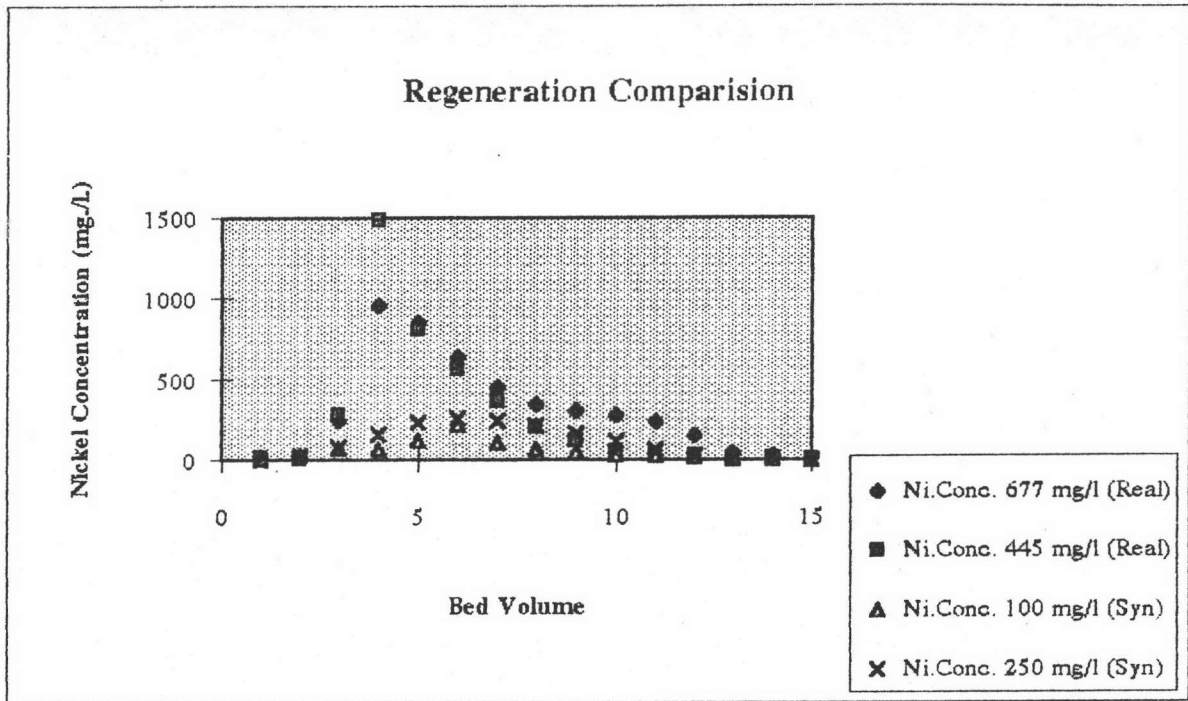
สมมูลคือจะมีค่าใกล้เคียงกับค่า conductivity ของกรดไฮโดรคลอริกที่เข้า โดยการทดลองที่แลกเปลี่ยนไอออนด้วยนิกเกิลสังเคราะห์เข้มข้น 100 มก./ล. จะพ่นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.75 N. ซึ่งจะมีค่า conductivity สูงสุดเมื่อเข้าสู่สมมูล ดังรูปที่ 5.67

2.3 ความเข้มข้นนิกเกิล ลักษณะกราฟจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันทั้ง 4 การทดลอง โดยการทดลองที่แลกเปลี่ยนไอออนด้วยน้ำเสียจริงเข้มข้น 445 มก./ล. จะสามารถพ่นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.5 N. ออกมาด้วยความเข้มข้นของนิกเกิลที่สูงที่สุด รองลงมาคือการทดลองที่แลกเปลี่ยนไอออนด้วยน้ำเสียจริงเข้มข้น 677 มก./ล. ซึ่งความเข้มข้นนิกเกิลที่พ่นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 N. ออกมาได้ใกล้เคียงกับการทดลองที่แลกเปลี่ยนไอออนด้วยน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์เข้มข้น 100 มก./ล. ที่พ่นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.75 N. ดังรูปที่ 5.68

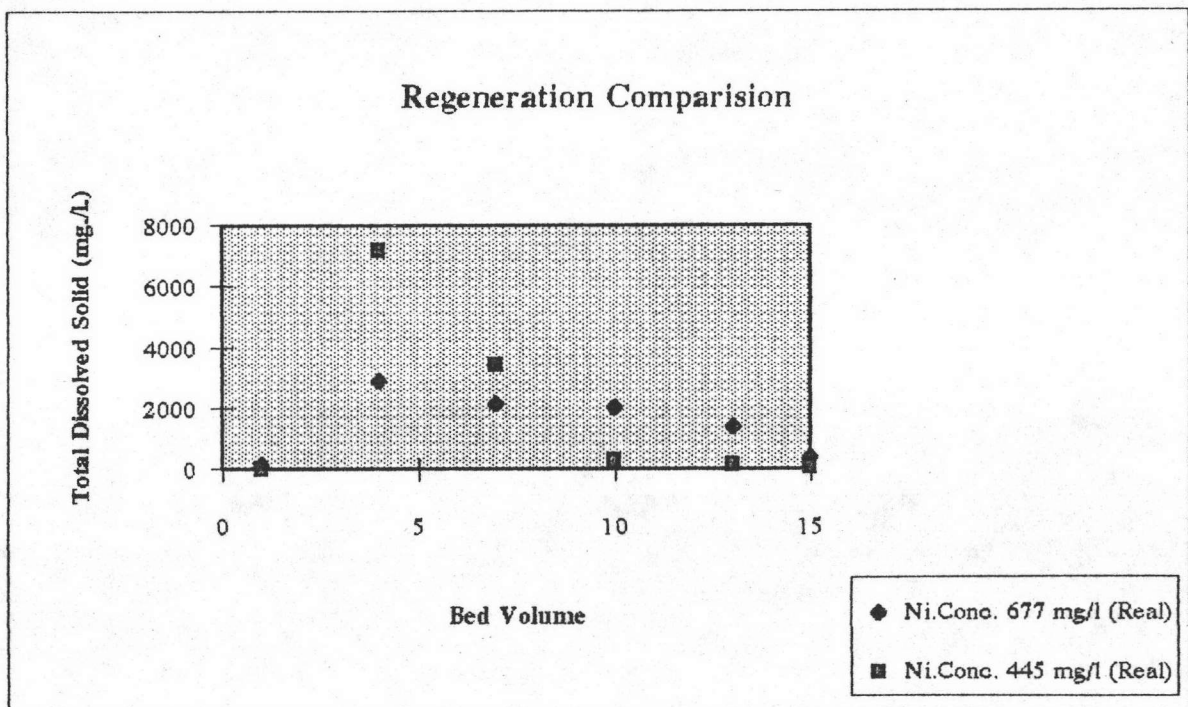
2.4 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด กราฟจะมีลักษณะเดียวกันทั้ง 2 การทดลองดังรูปที่ 5.69 และจะเรียงตามลำดับความเข้มข้นของนิกเกิลที่พ่นอำนาจออกมาได้คือความเข้มข้นนิกเกิลมากก็จะมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมากตามไปด้วย

2.5 ความเข้มข้นนิกเกิลที่ออกหลังจากผ่านฝักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมด จะเห็นว่าฝักตบชวาที่แลกเปลี่ยนไอออนด้วยน้ำเสียจริงนิกเกิลเข้มข้น 445 มก./ล. หลังจากถูกพ่นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 N. แล้วจะมีค่าความเข้มข้นนิกเกิลหลังจากผ่านฝักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลแลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดสูงที่สุด โดยมีฝักตบชวาที่แลกเปลี่ยนไอออนด้วยน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลเข้มข้น 100 มก./ล. หลังจากถูกพ่นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.75 N. จะมีค่าความเข้มข้นนิกเกิลหลังจากผ่านฝักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดใกล้เคียงกับนิกเกิลที่ถูกพ่นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 N. กับฝักตบชวาที่แลกเปลี่ยนไอออนด้วยน้ำเสียจริงนิกเกิลเข้มข้น 677 มก./ล. ดังรูปที่ 5.70

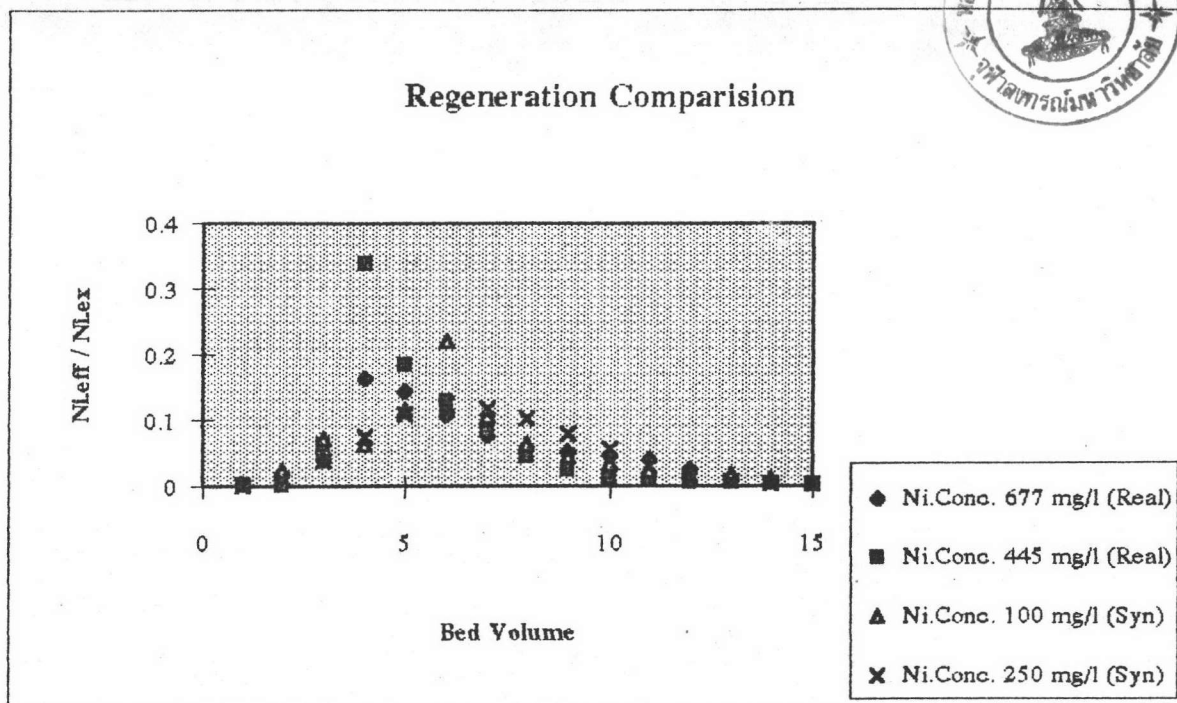
2.6 การนำกลับนิกเกิล ฝักตบชวาที่ถูกพ่นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 N. หลังจากผ่านน้ำเสียจริงเข้มข้น 445 มก./ล. จะสามารถนำกลับนิกเกิลได้สูงที่สุด ส่วนอีก 3 การทดลองนั้นการนำกลับนิกเกิลใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 5.71 และตารางที่ 5.8 ส่วนเปอร์เซ็นต์การนำกลับสูงสุดเมื่อความเข้มข้นนิกเกิลรวมสูงสุดคือฝักตบชวาที่ผ่านด้วยน้ำเสียเข้มข้น 445 มก./ล. แล้วจึงพ่นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.5 N. ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง ตามตารางที่ 5.9 ส่วนค่าปริมาณนิกเกิลที่พ่นอำนาจได้ต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้จะแสดงไว้ในตารางที่ 5.9 และ 5.10 จะเห็นว่าฝักตบชวาที่บริการน้ำเสียจริงจะสามารถพ่นอำนาจฝักตบชวาได้มากกว่าด้วยปริมาณกรดที่น้อยกว่าในขณะที่ความเข้มข้นรวมของนิกเกิลสูงที่สุด



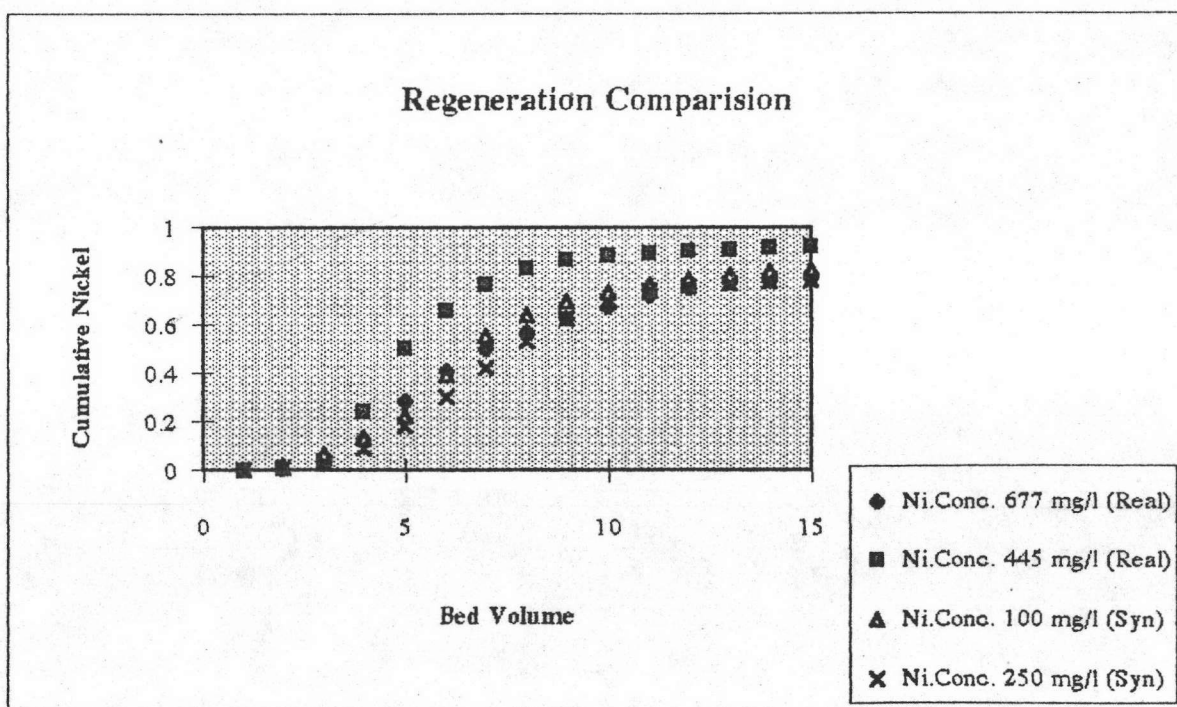
รูปที่ 5.68 กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นนิกเกิลของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาในช่วงฟื้นอำนาจ



รูปที่ 5.69 กราฟเปรียบเทียบ Total Dissolved Solid ของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาในช่วงฟื้นอำนาจ



รูปที่ 5.70 กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นนิกเกิลของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลแลกเปลี่ยนทั้งหมดในช่วงฟื้นอำนาจ



รูปที่ 5.71 กราฟเปรียบเทียบผลรวมการนำกลับนิกเกิลของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาในช่วงฟื้นอำนาจ

ตารางที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดต่อปริมาณเรซิน ผักตบชวาที่ใช้และเปอร์เซ็นต์การนำกลับทั้งหมดระหว่างน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์

ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (N.)	อัตราเร็ว (BV./Hr.)	ปริมาณนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมด(มก.)	ปริมาณนิกเกิลแลกเปลี่ยนต่อปริมาณเรซินผักตบชวา (มก.นิกเกิล./ก.เรซิน)	% การนำกลับทั้งหมด	
Syn. (100)	0.75	3	500.69	6.68	83
Syn. (250)	0.5	3	1041.2	13.88	78
Real (677)	0.5	3	2937.1	39.16	79
Real (445)	0.5	3	2191.5	29.22	92

ตารางที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การนำกลับและปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกในหน่วยกรัม ขณะนิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด ระหว่างน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์

ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (N.)	อัตราเร็ว (BV./Hr.)	นิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด					ปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริก (mg.Ni./g.HCl)
		ชั้นเรซินที่นำกลับ (BV.)	ความเข้มข้นนิกเกิล (มก./ล.)	ปริมาณนิกเกิลรวม (มก.)	% การนำกลับ	ปริมาณกรดไฮโดรคลอริก (กรัม)	
0.25 (Syn)	9	7	67.68	473.8	80	63.79	7.42
0.25 (Syn)	6	4	87.28	349.1	51	36.45	9.58
0.5 (Syn)	3	4.5	144.51	650.3	62	82.01	7.92
0.25 (Syn)	6	5	85.24	426.2	48	45.56	9.35
0.5 (Real)	3	3.5	421.34	1474.7	50	63.79	23.12
0.5 (Real)	3	3	480.87	1442.6	66	54.68	26.39

ตารางที่ 5.10 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกในหน่วย
อิกควิวาเลนต์ ขณะนิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด ระหว่างน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์

ความเข้มข้น ของกรด ไฮโดรคลอริก (N.)	อัตราเร็ว (BV./Hr.)	นิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด					ปริมาณ นิกเกิลต่อ ปริมาณกรด (meq.Ni./eq.HCl)
		ชั้นเรซิน ที่น้ำกลับ (BV.)	ความเข้มข้น นิกเกิล (มก./ล.)	ปริมาณ นิกเกิลรวม (มก.)	ปริมาณ นิกเกิลรวม (meq)	ปริมาณกรด ไฮโดรคลอริก (eq.)	
0.25 (Syn)	6	4	87.28	349.1	11.89	1	11.89
0.25 (Syn)	6	5	85.24	426.2	14.52	1.25	11.62
0.5 (Real)	3	3.5	421.34	1474.7	50.24	1.75	28.71
0.5 (Real)	3	3	480.87	1442.6	49.14	1.5	32.76

การเปรียบเทียบเรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากผักตบชวากับเรซินสังเคราะห์ชนิดพิเศษ

จากการทดลองช่วงเวลาการใช้งานในการแลกเปลี่ยนไอออนจะสั้นมากๆ เนื่องจากความเข้มข้นของนิกเกิลที่ค่อนข้างสูง ทำให้การใช้งานไม่เหมาะสม ต้องฟื้นฟูบ่อยๆ น้ำเสียที่ผ่านเรซินผักตบชวาออกมาก็มีความเข้มข้นของนิกเกิลสูงมากๆ ผักตบชวาแม้ว่าจะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนได้แต่ค่าที่แลกเปลี่ยนได้นั้นต่ำมากเมื่อเทียบกับเรซินสังเคราะห์ที่ทำการทดลอง (ทิพย์, 2537)

ผลการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินสังเคราะห์กับน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์เข้มข้น 200 มก./ล. ออกมาเท่ากับ 76,228 มก./ล. เรซิน และผลการแลกเปลี่ยนไอออนของน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์เข้มข้น 300 มก./ล. มีค่าออกมาเท่ากับ 73,909 มก./ล. เรซิน ซึ่งเมื่อเทียบกับผักตบชวาซึ่งมีค่าการแลกเปลี่ยนไอออนเท่ากับ 1059.8 มก./ล. เรซิน สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์เข้มข้น 250 มก./ล. ที่ผ่านผักตบชวา และมีค่าเท่ากับ 737.47 มก./ล. เรซินสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์เข้มข้น 100 มก./ล. ที่ผ่านผักตบชวา โดยความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินสังเคราะห์ กับเรซินที่ทำจากผักตบชวามีค่าต่างกัน 69-103 เท่า

ส่วนค่าปริมาณนิกเกิลที่ฟื้นฟูออกมาได้ในหน่วยอิกควิวาเลนต์ต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในหน่วยอิกควิวาเลนต์ของเรซินสังเคราะห์จะมีค่าสูงสุด 74 % ซึ่งมากกว่าเรซินที่ทำจากผักตบชวา 22.4 เท่าโดยค่าปริมาณนิกเกิลที่ฟื้นฟูออกมาได้ต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้จะเท่ากับ 3.3 %